

GRACIELA INÉS BOLZON DE MUÑIZ

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA E ULTRAESTRUTURA DA MADEIRA DE CINCO
ESPÉCIES DE PROSOPIS DA ARGENTINA E ANÁLISE DA METODOLOGIA.

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Engenharia Flores-
tal do Setor de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre.

CURITIBA

1986



COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata GRACIELA INES BOLZON DE MUNIZ, sob o título "DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA E ULTRAESTRUTURA DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DE PROSOPIS DA ARGENTINA E ANÁLISE DA METODOLOGIA", para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração: TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 21 de março de 1986.

Professor João Peres Chimelo, DR.

Primeiro Examinador

Professora Aracely Vidal Gomes, M.Sc

Segunda Examinadora



Professor Ivan Tomaselli, DR.

Presidente

À Maria Soledad e Maria Florencia,
minhas filhas, e Hêctor, meu esposo
pelo estímulo e compreensão,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela acolhida e por possibilitar a realização do curso na opção de Tecnologia da madeira.

À Universidade Nacional de Santiago del Estero que possibilitou a realização do Curso de Pós-Graduação.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Ivan Tomaselli e Prof.^a Aracely Vidal Gomes, pela valiosa e inigualável orientação na realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. Lincoln Lopes Teixeira, pela valiosa contribuição e criterioso acompanhamento do trabalho.

Ao acadêmico Erich Schaitza, pelo inestimável auxílio no processamento dos dados.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná (parcialmente financiado pela FINEP); ao Dr. Orlando Freitas, ao Prof. Robin Hofmeister e à Srta. Desirée Renaux.

Aos professores Sylvio Péllico Netto, da Universidade Federal do Paraná e Eng. Alejandro Friedel, da Universidade Nacional de Misiones, que com muita boa vontade auxiliaram na análise estatística.

À professora Yoshiko Saito Kuniyoshi pela leitura crítica deste trabalho.

À Soli Maria Dal-Comuni, pelo auxílio nos trabalhos de laboratório.

Às bibliotecárias do Setor de Ciências Agrárias, pela amizade e presteza na obtenção de material bibliográfico.

Meu especial agradecimento a meus pais, sogros e à Srta. Nivea Banega, pelo estímulo, compreensão e apoio.

A todos os professores, funcionários e amigos que, direta ou indiretamente, incentivaram e colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GRACIELA INÊS BOLZON DE MUÑIZ, filha de Segundo Bolzon e Angela Mazarin, nasceu na cidade de Santiago del Estero, República Argentina, no dia 15 de janeiro de 1954.

Em 1972 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Ciências Florestais da Universidade Nacional de Santiago del Estero, graduando-se em 1977.

Em 1978 ingressou no corpo docente da UNSE, como Auxiliar de Ensino, sendo responsável pela disciplina de Xilologia.

Em 1981 foi designada Professora Adjunta e Chefe da Divisão de Anatomia da Madeira do Instituto de Tecnologia da Madeira da UNSE, cargo que ocupa até hoje.

Em 1984 atuou como Diretora do Instituto de Tecnologia da Madeira da UNSE.

Durante o período docente participou de vários cursos, congressos e convenções e foi coordenadora de vários projetos de pesquisas.

S U M Á R I O

	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	ix
	<u>LISTA DE TABELAS</u>	xiii
	<u>RESUMO</u>	xviii
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	01
2	<u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	03
2.1	ABRANGÊNCIA DA ANATOMIA DA MADEIRA	03
2.1.1	Taxonomia e Identificação	03
2.1.2	Em Estudos Filogenéticos	08
2.1.3	Ecologia	12
2.1.4	Qualidade e Uso da Madeira	15
2.2	LEGUMINOSAE	17
2.2.1	Particularidades da Família	17
2.2.2	O Gênero <i>Prosopis</i>	19
2.3	ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANATOMIA DA MADEIRA..	21
2.3.1	Normas e Recomendações	21
2.3.2	Métodos Histométricos	22
2.3.3	Aplicação da Estatística na Anatomia de Madei- ra	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	LOCAL DA COLETA DAS ÁRVORES	28
3.1.1	Condições Climáticas e Edáficas da Região ...	30
3.1.2	Espécies Estudadas	30

3.1.3	Coleta de Material	31
3.1.4	Descrições da Madeira e Histometria	31
3.1.5	Ilustrações	34
3.1.6	Processamento de Dados	36
3.2	MICROTÉCNICA	36
3.3	ANÁLISE DA METODOLOGIA NA AVALIAÇÃO QUANTITATI- VA	37
3.3.1	Coleta de dados	37
3.3.2	Caracteres Quantitativos Avaliados	38
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	42
4.1	DESCRIÇÃO GERAL DA ESTRUTURA DO LENHO DAS ESPÉ- CIES	42
4.1.1	<i>Prosopis vinalillo</i> Stuck.	42
4.1.2	<i>Prosopis kuntzei</i> Harms.	50
4.1.3	<i>Prosopis alba</i> Gris.	57
4.1.4	<i>Prosopis ruscifolia</i> Gris.	64
4.1.5	<i>Prosopis nigra</i> (Gris) Hieron	71
4.2	CHAVE DICOTÔMICA	79
4.3	ANÁLISE DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO XILEMA ...	80
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESTRUTURA ANATÔMICA	86
4.4.1	Relação com a Taxonomia	86
4.4.2	Relação com a Filogenia	88
4.4.3	Relação com as Influências Ecológicas	91
4.5	ESTUDO METODOLÓGICO DA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA..	93
4.5.1	Poros/mm ²	96
4.5.2	Diâmetro Tangencial dos Poros (µm).....	99
4.5.3	Espessura da Parede do Vaso (µm)	102
4.5.4	Comprimento dos Elementos Vasculares (µm) ...	105
4.5.5	Comprimento dos Apêndices Vasculares (µm) ...	108

4.5.6	Diâmetro das Pontuações Intervasculares, Raio-vasculares e Parênquimo-vasculares (μm) .	111
4.5.7	Raios/mm	117
4.5.8	Largura dos Raios Unisseriados (μm)	120
4.5.9	Altura dos Raios Unisseriados	122
4.5.10	Largura dos Raios Multisseriados	126
4.5.11	Altura dos Raios Multisseriados	131
4.5.12	Altura das Células de Parênquima axial (μm)..	136
4.5.13	Diâmetro do Parênquima Axial	138
4.5.14	Altura das Séries de Parênquima Axial em μm e em Número de Células	140
4.5.15	Comprimento das Fibras (μm)	144
4.5.16	Diâmetro do Lumen das Fibras	148
4.5.17	Espessura das Paredes das Fibras	150
5	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	155
	<u>SUMMARY</u>	159
	<u>APÊNDICES</u>	160
	APÊNDICE 1: MATERIAL ESTUDADO	161
	APÊNDICE 2: DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA	169
	APÊNDICE 3: PROGRAMAS PARA COMPUTAÇÃO DE DADOS..	175
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	178

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

1	REGIÕES FITOGEOGRÁFICAS DA REPÚBLICA ARGENTINA...	29
2	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DO MATERIAL ...	32
3	ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm) EM <i>Prosopis ruscifolia</i>	35
4-7	<i>Prosopis vinalillo</i>	46-49
8-10	<i>Prosopis kuntzei</i>	54-56
11-13	<i>Prosopis alba</i>	61-63
14-16	<i>Prosopis ruscifolia</i>	68-70
17-19	<i>Prosopis nigra</i>	75-77
20	VARIABILIDADE DE ELEMENTOS DE VASOS EM <i>Prosopis</i> .	78
21	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA PORO/ mm^2	98
22	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO TANGEN- CIAL DOS POROS (μm)	101

FIGURAS

23	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ESPESSURA DA PAREDE DOS VASOS (μm)	104
24	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS VASCULARES (μm)	107
25	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA COMPRIMENTO DOS APÊNDICES VASCULARES (μm)	110
26	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES INTERVASCULARES (μm)	114
27	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES PARÊNQUIMO-VASCULARES	115
28	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES RAO-VASCULARES(μm)	116
29	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA RAIOS/mm	119
30	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)	121

FIGURAS

31	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERAIADOS (μm)	124
32	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERAIADOS EM NÚMERO DE CÉLULAS	125
33	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DE RAIOS MULTISSERAIADOS (μm)	128
34	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DE RAIOS MULTISSERAIADOS EM NÚMERO DE CÉLULAS	129
35	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERAIADOS (μm)	134
36	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERAIADOS EM NÚMERO DE CÉLULAS	135
37	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm)	137

FIGURAS

38	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm)	139
39	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM μm	142
40	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM NÚMERO DE CÉLULAS	143
41	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA O COMPRIMENTO DAS FIBRAS (μm)	146
42	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA O DIÂMETRO MAIOR DAS FIBRAS (μm)	147
43	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA O DIÂMETRO DO LUMEN DAS FIBRAS	149
44	RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA A ESPESSURA DAS PAREDES DAS FIBRAS	151

LISTA DE TABELAS

TABELAS

1	CARACTERES QUANTITATIVOS LEVANTADOS POR ESPÉCIE MOSTRANDO NÚMERO DE MEDIÇÕES RECOMENDADAS PELA NORMA COPANT 30:1-019 E NÚMERO DE MEDIÇÕES EFETUADAS	39
2	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA NÍVEIS DE 90% e 95% E LIMITE DE ERRO DE 10% DA MÉDIA PARA OS DIFERENTES CARACTERES NAS ESPÉCIES ANALISADAS	94
3	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA POROS/mm ²	96
4	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO TANGENCIAL DOS POROS (µm)	99
5	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA ESPESSURA DA PAREDE DOS VASOS (µm)	102

TABELAS

6	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS VASCULARES (μm)	105
7	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA COMPRIMENTO DOS APÊNDICES VASCULARES (μm)	108
8	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES INTERVASCULARES (μm)..	111
9	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES PARÊNQUIMO-VASCULARES.	111
10	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES RADIO-VASCULARES.....	112
11	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA RAIOS/mm	117
12	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A LARGURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)	120

TABELAS

13	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)	123
14	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS EM NÚMERO DE CÉLULAS..	123
15	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A LARGURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (μm)	127
16	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A LARGURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS EM NÚMERO DE CÉLULAS..	127
17	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (μm)	132
18	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (CÉLULAS)	132
19	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA A ALTURA DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL FUSIFORME (μm)	136

TABELAS

20	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA O DIÂMETRO DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm).	138
21	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM μm ..	139
22	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM NÚMERO DE CÉLULAS	141
23	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A COMPRIMENTO DAS FIBRAS (μm)	144
24	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA O DIÂMETRO TOTAL DAS FIBRAS (μm)	145
25	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA O DIÂMETRO DO LUMEN DAS FIBRAS	148
26	NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA A ESPESURA DAS PAREDES DAS FIBRAS	150

TABELAS

27	CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS E VOLUME APROVEITÁVEL DA MADEIRA DAS ESPÉCIES DE <i>Prosopis</i> ESTUDADAS	153
A1	DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE <i>Prosopis vinalillo</i> Stuck	170
A2	DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE <i>Prosopis kuntzei</i>	171
A3	DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE <i>Prosopis alba</i> Gris.	172
A4	DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE <i>Prosopis ruscifolia</i> Gris.	173
A5	DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE <i>Prosopis nigra</i> (Gris.) Hieron.	174

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo contribuir para o conhecimento da anatomia e ultraestrutura das madeiras de cinco espécies do gênero *Prosopis* que ocorrem nas formações vegetais heterogêneas do Parque Chaqueño, Argentina. As espécies estudadas foram as seguintes: *Prosopis vinalillo* Stuck., *Prosopis kuntzei* Harms, *Prosopis alba* Grisebach, *Prosopis ruscifolia* Grisebach e *Prosopis nigra* (Gris.) Hieron. As espécies foram descritas individualmente, incluindo estrutura geral macro e microscópica da madeira. Pela primeira vez, foram estas espécies observadas ao microscópio eletrônico de varredura (SEM), sendo examinadas as ornamentações nas pontuações e estriações nas paredes dos vasos. Estas estriações ornamentadas são características para todas as espécies do gênero *Prosopis* examinadas. Foi elaborada uma chave de identificação baseada em caracteres anatômicos do xilema. A estrutura da madeira das cinco espécies foi analisada em correlação com taxonomia, filogenia e ecologia. Como parte deste estudo, foi feita uma análise da metodologia usada nas descrições anatômicas. Para isto, foram verificados os dados quantitativos relativos a 24 caracteres anatômicos anotados para 65 espécies distintas, incluindo as cinco *Prosopis*, a fim de se determinar o número de medições necessárias para uma avaliação precisa de cada caráter. Para avaliar e comparar o comportamento dos caracteres anatômicos dentro de uma mesma espécie ou entre espécies, foram estas reunidas em três grupos distintos: gênero *Prosopis*, família *Leguminosae*, e total das espécies analisadas. Para todas as espécies, individualmente ou agrupadas, calculou-se a média e variância ponderada dos caracteres.

1 INTRODUÇÃO

As áreas ocupadas por formações florestais na região fitogeográfica denominada Parque Chaquenho vêm diminuindo constantemente, devido à substituição das matas por cultivos agrícolas e pela atividade pecuária. Além disso, a utilização inadequada das florestas nativas, pelo abate seletivo das melhores árvores, tem geralmente provocado o empobrecimento dessa formação fitogeográfica. A prática comum do uso de novas terras florestais para fins agrícolas, com o posterior abandono dessas áreas ao lento processo de reposição natural da vegetação, explicam a atual predominância de matas secundárias, pobres em espécies valiosas e exemplares de grande porte.

Com a crescente escassez de matéria prima para a indústria madeireira e o agravamento da situação energética torna-se imprescindível, naquela região, a utilização de espécies florestais até então consideradas de pouca importância. Entretanto, essa utilização é dependente do conhecimento da estrutura de suas madeiras.

O estudo anatômico fornece informações de grande importância no que se refere ao possível aproveitamento tecnológico florestal e utilização adequada de madeiras. Além disto, como ciência botânica, a anatomia possibilita também a identificação de madeiras, muitas vezes a nível de espécie, simplificando a tarefa da determinação da identidade e assegurando sua comercialização.

Este trabalho se propõe basicamente a contribuir, através do estudo da anatomia e ultraestrutura da madeira, para um melhor conhecimento de cinco espécies florestais do gênero *Prosopis* que ocorrem nas formações vegetais heterogêneas do Parque Chaqueño, Argentina.

Como parte indissociável deste estudo, são analisados e estabelecidos parâmetros metodológicos para a descrição anatômica microscópica, no sentido de torná-la prática e objetiva, principalmente no que diz respeito à questão estatística dos valores histométricos, facilitando assim a compreensão dos resultados e a visualização da estrutura da madeira como um todo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ABRANGÊNCIA DA ANATOMIA DA MADEIRA

2.1.1 Taxonomia e Identificação

O estudo microscópico da madeira tem sido de grande valor para a identificação de exsicatas de herbário desprovidas de órgãos reprodutivos, tornando possível a identificação de espécimens estéreis até família ou gênero, simplificando desse modo a tarefa botânica. Métodos microscópicos são também frequentemente necessários para confirmar identificações botânicas de amostras comerciais de plantas medicinais, madeiras, fibras, etc., e podem representar um importante papel na confirmação de adulteração, substituição e fraude. A pesquisa anatômica completa dos grupos taxonômicos é ainda imprescindível para identificação de restos paleobotânicos. Estas práticas são suficientes para justificar o uso de métodos anatômicos em pesquisa taxonômica (METCALFE & CHALK¹²⁵).

A anatomia da madeira tem indicado que grupos taxonômicos nem sempre apresentam um conjunto de caracteres anatômicos constantes (CHOWDHURY⁵⁸).

É importante notar que as características anatômicas com considerável valor diagnóstico em uma família não são necessariamente de valor equivalente em outra. O mesmo princípio se aplica quando se utiliza caracteres externos para proposições taxonômicas.

Algumas características, como número de vasos/mm², comprimento de elementos de vasos e quantidades de parênquima axial, podem ser marcadamente influenciados pelo meio ambiente (METCALFE & CHALK¹²⁵).

O diâmetro dos vasos, apesar de variar de acordo com a posição na árvore e com as condições de crescimento, é frequentemente considerado de valor para identificação. Quanto aos raios, o mais importante caracter utilizado é a largura, em dimensão ou número de células; a altura tem também seu valor, entretanto, usualmente nos extremos, quando muito altos ou muito baixos. A presença de raios exclusivamente unisseriados, característica de grande valor para a identificação, principalmente quando representa um tipo de estrutura que ocorre esporadicamente, pode auxiliar na distinção entre gêneros ou espécies (METCALFE & CHALK¹²⁵).

Em identificação de madeira, é essencial discriminar dentre os caracteres anatômicos aqueles que são relativamente constantes e os que são passíveis de variação sob condições de crescimento (RENDLE¹⁴⁸). É necessária uma considerável experiência para reconhecer os caracteres de valor diagnóstico de uma madeira e estimar seu valor como típico da família, gênero ou espécie.

A utilização de características de valor diagnóstico reconhecido possibilitou o desenvolvimento de chaves de identificação de madeiras comerciais. Entretanto, as identificações baseadas em uma chave deveriam ser confirmadas por comparação com uma boa descrição anatômica, ou com um espécime autêntico.

Salienta-se que os botânicos sistemáticos tem frequentemente desprezado os caracteres anatômicos nos seus atuais esquemas de classificação; os estudos correlacionando caracteres morfológicos externos e anatômicos de certas famílias têm recebido pouca consideração (KRIBS¹¹⁵). No entanto, a idéia de se empregar a estrutura interna das plantas como um auxílio para a classificação sistemática manifestou-se já há muito tempo (RECORD¹⁴⁵).

CHALK⁴⁹ reconheceu existir uma íntima ligação entre a anatomia da madeira e o desenvolvimento floral, e os anatomistas de madeira são freqüentemente consultados por taxonomistas a respeito de prováveis afinidades de gêneros ou famílias de posição taxonômica duvidosa. Contudo, existem algumas discrepâncias entre as classificações taxonômicas atuais e a anatomia da madeira. Neste sentido, é importante determinar onde e porque a anatomia da madeira e a taxonomia divergem.

VESTAL¹⁷¹ considera que não pode existir uma classificação natural baseada somente na anatomia vascular. Em última análise, o principal valor em utilizar a anatomia da madeira, na classificação, consiste em fornecer uma nova série de caracteres, os quais, combinados com outros conhecidos, podem contribuir para o arranjo natural das plantas superiores.

A anatomia da madeira, para ser efetivamente utilizada na classificação e identificação das espécies arbóreas, não deve ter suas informações somente codificadas, mas também analisadas e interpretadas em termos diagnósticos seguros e de significância taxonômica (BAILEY¹³).

Algumas vezes, a identificação da madeira é possível somente através das características das estruturas reproduti-

vas da árvore. Em muitos casos, contudo, a diversidade estrutural da madeira, associada às variações conhecidas como cor, peso, tipo de grã e figura, proporciona um meio correto de identificação.

O comprimento dos elementos de vaso, porosidade (difusa ou em anel), vasos agrupados em cadeias ou solitários, presença ou ausência de dutos gomíferos ou resiníferos, tilos, tipos de parênquima axial, ausência ou presença de estratificação, são elementos muito importantes para a identificação de madeiras (TITMUSS¹⁶⁴).

HEYWOOD⁹⁷ ressalta que a anatomia da madeira tem sido usada com sucesso em vários grupos de plantas, auxiliando a estabelecer a posição sistemática das famílias primitivas de angiospermas sem vasos condutores, como *Winteraceae*, *Trochodendraceae* e outras. Segundo HEYWOOD⁹⁷, talvez a mais espetacular contribuição seja a extraordinária série de pesquisas apresentadas por BAILEY e seus colaboradores, estabelecendo certo número de tendências de especialização evolutiva na estrutura da estele. Essas tendências são notadas no tamanho, estrutura e pontuações das células traqueais e, em conjunto, constituem a seqüência evolutiva mais completa e melhor documentada do reino vegetal.

A identificação pela anatomia da madeira tem sido efetuada através de exames macroscópicos, microscópicos e, mais recentemente, com microscopia eletrônica de transmissão e de varredura. Detalhes estruturais tem sido verificados em todas as suas variações e apresentações, a níveis de precisão sempre crescentes (MAINIERI¹²⁰, METCALFE & CHALK¹²⁵, JANE¹⁰⁸, PANSIN & DE ZEEUW¹³⁷, CORE *et alii*⁶¹, OHTANI &

ISHIDA¹³³⁻⁴, KOLLMANN & CÔTE¹¹², MEYLAN & BUTTERFIELD¹²⁶, BUTTERFIELD & MEYLAN⁴¹, PARAMESWARAN & LIESE¹³⁹, PARAMESWARAN & GOMES¹³⁸, OHTANI *et alii*¹³⁵; etc.).

Em meados de 1940, VAROSSIEAU¹⁶⁹, na Holanda, e KUKACHKA¹¹⁷ nos Estados Unidos desenvolveram independentemente sistemas de identificação de madeiras baseados em características anatômicas marcadas em cartões para uso com computadores. Ambos os métodos baseavam-se essencialmente no princípio de múltipla entrada, com cartões perfurados.

Posteriormente, esses métodos foram desenvolvidos, revisados e adotados por muitos pesquisadores em todo o mundo (CLARKE⁵⁹, BRAZIER & FRANKLIN²⁹, SUDO¹⁵⁹, NORMAND & PAQUIS¹³¹, PEARSON & WHEELER¹⁴⁰).

Em 1979, no Congresso de Anatomistas da Madeira em Amsterdam, foi apresentado por MILLER¹²⁸ um projeto de um sistema de identificação usando um programa desenvolvido por MORSE para matrizes de dados taxonômicos (MORSE *et alii*¹³⁰, MORSE¹²⁹). Uma lista de caracteres para a identificação computadorizada de folhosas foi preparada por MILLER & BAAS¹⁰⁶.

Uma nova aproximação para a identificação de madeiras, baseada em técnicas estereológicas e manipulação computadorizada de dados estatísticos, foi proposta por STEEL *et alii*¹⁵⁶. Este método quantifica a maioria dos caracteres usados na identificação de madeiras.

A estereologia permite identificar madeiras de diferentes árvores, mas seu grande potencial reside na possibilidade de separar espécies relacionadas. Além disso, auxilia na predição de propriedades e uso potencial de várias madeiras tropicais.

CHIMELO⁵⁷ e IFJU & CHIMELO¹⁰⁴ aplicaram técnicas de estereologia para caracterizar a estrutura de várias madeiras tropicais brasileiras, usando as características para um esquema de identificação computadorizada baseado em probabilidade.

2.1.2 Em Estudos Filogenéticos

A difícil questão da filogenia das Angiospermas tem sido considerada por inúmeros anatomistas, que têm pesquisado ao longo de algumas linhas filogenéticas distintas. Os primeiros trabalhos foram realizados por BAILEY & TUPPER¹⁰. Certos princípios sobre a filogenia de elementos específicos da anatomia da madeira foram estabelecidos por BAILEY¹⁴, o qual traçou a provável evolução nos elementos traqueais de plantas primitivas até altamente evoluídas. Mas, ao mesmo tempo, estas investigações mostraram que a evolução não ocorre sincronizada em diferentes órgãos de uma planta, nem em diferentes elementos de um mesmo tecido.

Posteriormente os "conceitos Baileyanos" foram resumidos e discutidos "in extenso" por muitos autores (METCALFE & CHALK¹²⁵, CARLQUIST⁴⁴, STERN¹⁵⁷).

Estudos anatômicos conduzidos sob o ponto de vista filogenético têm fornecido notáveis resultados (VESTAL¹⁷¹). Para McLEAN & IVIMEY-COOK¹²⁴, a anatomia e morfologia estão intimamente relacionadas entre si no estudo da evolução das plantas ou filogenia.

Segundo ESAU⁷⁹, as linhas evolutivas do xilema foram reconstruídas através do estudo comparado das plantas existentes. As plantas vasculares contemporâneas mostram alto grau de

especialização de suas células, tecidos e órgãos. Estas variações são úteis para a identificação das madeiras. As tendências para especialização das células são melhor compreendidas no xilema do que em qualquer outro tecido das plantas vasculares.

Para CHEADLE & TUCKER⁵⁶, duas das maiores dificuldades em desenvolver sistemas filogenéticos consistem na necessidade de determinar:

- a) a direção na qual as mudanças em um dado caráter, uma estrutura anatômica por exemplo, ocorreram ou estão ocorrendo;
- b) se as mudanças são reversíveis.

Em vista destes fatos, CHOWDHURY⁵⁸ salienta que é difícil determinar as tendências filogenéticas. CRONQUIST⁶⁸ sugere que conceitos da estrutura do xilema propriamente dito não dependem de noções preconcebidas do relacionamento entre as famílias das Angiospermas.

Algumas pesquisas realizadas, envolvendo o agrupamento taxonômico das famílias com o objetivo de correlacionar as estruturas anatômicas do xilema com os sistemas de classificação existentes, parecem indicar um alto grau de correlação entre ambos (HEIMSCH & WETMORE⁹⁶).

Segundo BAAS⁵⁻⁶, os fatores ambientais, especialmente os climáticos, tem uma grande influência sobre as características anatômicas das madeiras. Isto indica que os mesmos fatores podem desempenhar um importante papel na direção da especialização filogenética do xilema secundário.

De acordo com TIPPO¹⁶²⁻³, durante mais de trinta anos, anatomistas tem reconhecido um número de linhas de especiali-

zação na estrutura do lenho. Também os taxonomistas têm pesquisado certas tendências na evolução floral, como por exemplo, a mudança do arranjo dos órgãos florais de espiral para cíclico, de flores hipóginas e epíginas, etc.

As principais tendências evolutivas do câmbio e xilema das Dicotiledôneas estão estabelecidas, sendo aceitas e reconhecidas pelos anatomistas.

A maioria dos elementos de vasos altamente especializados, em contraste com aqueles mais primitivos, são curtos, comparativamente com maior diâmetro em relação ao seu comprimento e tendem a ser ovais ou circulares quando vistos em secção transversal. Elementos de vaso com longos apêndices são mais primitivos do que aqueles com paredes terminais transversais.

Para METCALFE & CHALK¹²⁵, o tipo de placa de perfuração é um índice mais conveniente da especialização do que o comprimento dos elementos de vaso. As placas de perfuração dos elementos de vasos nos tipos mais primitivos são escalariformes com numerosas barras; evoluindo para o tipo reticulado e finalmente para o tipo mais evoluído, com o aparecimento de placas de perfuração simples. A ordem filogenética reconhecida para os vários tipos de pontuações nas paredes de vasos é a seguinte: escalariformes nos tipos mais primitivos, passando a opostas e finalmente a alternas nos tipos mais evoluídos (BAILEY & TUPPER¹⁰, FROST⁸², BAILEY¹³, EAMES⁷⁴).

A porosidade difusa é condição mais primitiva que porosidade em anel, que representa um elevado grau de especialização (EAMES⁷⁴, GILBERT⁸⁵). Por outro lado existem divergências a respeito, se tal modificação estrutural tem qualquer signifi-

cância evolutiva ou representa simplesmente uma adaptação ecológica.

No desenvolvimento filogenético das fibras, a espessura da parede aumenta com o correspondente decréscimo do diâmetro do lúmen. A evolução procedeu-se de traqueóides a fibrotraqueóides, e destes às fibras libriformes. Acompanhando este desenvolvimento, ocorre um decréscimo progressivo no comprimento destes elementos (BAILEY & TUPPER¹⁰). As fibras libriformes ocorrem abundantemente em madeiras de Dicotiledôneas, principalmente nas famílias mais especializadas, como *Leguminosae* (EAMES & McDANIELS⁷⁵).

O parênquima apotraqueal difuso é mais primitivo do que os arranjos agregados, em faixas apotraquais, e os vários tipos paratraqueais (KRIBS¹¹⁶). Para CHALK⁴⁹, o parênquima axial paratraqueal apresenta-se como sendo característica de madeira de estrutura altamente especializada.

Anatomicamente, os raios heterogêneos são considerados como o tipo mais primitivo. Para KRIBS¹¹⁵ a seqüência evolutiva é de raio heterogêneo Tipo I, o mais primitivo, para o transitório heterogêneo Tipo II e homogêneo Tipo I, e finalmente para o altamente especializado raio homogêneo Tipo II.

As tendências evolutivas especialmente significantes em raios são:

- a) redução na largura e altura e, finalmente, a eliminação dos raios multisseriados;
- b) a eliminação dos raios unisseriados;
- c) simultânea redução no tamanho dos raios multisseriados e alargamento dos raios unisseriados, originando pequenos raios multisseriados de tamanho relativamente uniforme (estratificação);

- d) transformação das células eretas em procumbentes, resultando nos raios de estrutura homogênea (BARGHOORN²¹).

As madeiras com estrutura não estratificada são mais primitivas do que aquelas com estratificação (BAILEY¹⁵, METCALFE & CHALK¹²⁵, COZZO⁶⁶). CHALK & CHATTAWAY⁴⁹ consideram que esta característica pode ser usada como uma indicação de um alto grau de especialização.

2.1.3 Ecologia

Os estudos da importância de fatores fisiológicos e ecológicos foram aqui considerados por apresentarem um impacto direto na anatomia da madeira.

Trabalhos recentes tem mostrado que existe um complexo mecanismo de interação entre a anatomia da madeira e fatores ecológicos, atuando sobre a atividade cambial e a morfogênese do xilema secundário, modificando a estrutura, propriedades e qualidades da madeira e podendo intensificar, ou mesmo reverter, tendências filogenéticas estabelecidas para determinadas espécies (VESQUE¹⁷⁰, GRAFF & BAAS⁹², TSOUMIS¹⁶⁷).

Numerosos exemplos de trabalhos têm sugerido maior influência do meio ambiente. Outros, porém, não indicam qualquer correlação entre o meio ambiente e a estrutura da madeira.

Alguns trabalhos referem-se principalmente à influência do fornecimento de água na estrutura da madeira. WEBER*, citado por CARLQUIST⁴⁴, numa pesquisa realizada com arbustos de regiões desérticas e de chaparral, observou que os elementos

* WEBBER, I.E. The woods of sclerophyllous and desert shrubs and plants of California. Amer. J. Bot., 23: 181, 1936.

de vaso são muito mais curtos e estreitos do que nas demais Dicotiledôneas, em geral. CARLQUIST⁴⁴, CARLQUIST & HOEKMAN⁴⁶ afirmam que a aparente importância dos elementos de vaso mais curtos é a sua resistência estrutural a fortes pressões negativas nas colunas de água do xilema; acrescentam ainda que devem ser examinadas as influências dos fatores ecológicos e fisiológicos nas variações do comprimento de elementos de vasos dentro de um gênero, assim como também dentro de uma espécie ou dentro de um indivíduo.

Estudando um grupo especializado, constituído basicamente de Dicotiledôneas herbáceas, CARLQUIST observou que a maioria das espécies havaianas de *Euphorbia* que ocorrem em localidades com elevada precipitação média anual, apresentaram elementos de vaso longos. No caso destas espécies existe uma perfeita correlação entre o habitat e o comprimento dos elementos de vaso, sendo a pluviosidade o mais importante fator ecológico.⁴³

Em contraposição, SASTRAPRADJA & LAMOUREX¹⁵⁰, estudando espécies havaianas de *Metrosideros* (Myrtaceae), não observaram qualquer relação apreciável da estrutura da madeira com a altitude ou pluviosidade.

Os efeitos da latitude e altitude sobre a anatomia de madeira foram discutidos principalmente por BAAS⁵⁻⁶, OEVER *et alii*¹³², GRAFF & BAAS⁹² e CARLQUIST⁴⁴). GRAFF & BAAS⁹² observaram que, com o aumento da latitude, ocorre uma miniaturização das estruturas do xilema secundário (elementos de vaso mais curtos, vasos mais estreitos, fibras curtas e algumas vezes mais estreitas, raios mais baixos) junto com um aumento na frequência de vasos e expressivos espessamentos espiralados em

em suas paredes. Com relação ao aumento de altitude ocorrem efeitos similares, porém menos evidentes. Nenhum efeito foi observado sobre o agrupamento dos vasos ou sobre espessamentos espiralados das paredes celulares.

Para BAAS⁵, a extensão das variações resultantes das condições do meio ambiente também dependem do grupo de plantas.

BAAS *et alii*⁹ estudaram algumas tendências ecológicas em vasos de madeiras de diferentes floras lenhosas de Israel e regiões adjacentes, comparando-as com vegetações áridas, Mediterrânea, higrófila, florestas tropicais úmidas, florestas de Java e florestas temperadas do norte e oeste da Europa.

Para BAAS⁵, algumas das hipóteses de CARLQUIST⁴⁴, explorando as correlações entre os fatores ecológicos e a anatomia da madeira, são ainda meramente especulativas. CARLQUIST⁴⁴ opina que a diversidade estrutural existente no xilema das plantas é um resultado de mudanças evolutivas funcionalmente adaptativas, ocasionadas pela pressão seletiva à que as plantas são submetidas nos diferentes ecossistemas. BAAS⁵ em seu trabalho apresenta uma crítica a estas hipóteses, mostrando os aspectos funcionais e adaptativos da morfologia dos elementos de vaso em madeiras de Dicotiledôneas, considerados em diferentes níveis taxonômicos e para diferentes tipos de vegetação.

BAAS & CARLQUIST⁷ fizeram uma comparação entre as floras lenhosas de Israel e regiões adjacentes e a flora da Califórnia do Sul e chegaram à conclusão que o estudo da interação entre o complemento genético e os fatores ecológicos deveria ser realizado por equipes multidisciplinares integradas;

concluíram também que ainda falta muito para se poder explicar todas as alternativas estruturais e estratégias que garantem a sobrevivência das plantas.

2.1.4 Qualidade e Uso da Madeira

Há muito tempo reconhece-se que, além das diferenças existentes entre espécies, as características anatômicas variam dentro de uma mesma espécie ou dentro de um mesmo indivíduo. Isto foi provado pelas pesquisas clássicas de SANIO¹⁴⁹, mostrando como o comprimento dos traqueóides em *Pinus sylvestris* aumenta com a distância da medula.

No início deste século o estudo da anatomia da madeira começou a ser direcionado para o estudo das células individualmente, buscando uma melhor avaliação das propriedades da madeira.

Um dos primeiros estudos deste tipo foi levado a efeito na Austrália, por BAKER & SMITH¹⁶, com a verificação das dimensões das fibras de eucalipto, com a finalidade de pesquisar as possibilidades do seu uso na produção de papel. A este trabalho seguiram-se numerosos estudos realizados por DADSWELL⁷⁰, WARDROP¹⁷⁶, BAMBER¹⁷ sobre a distribuição da lignina na lamela média e paredes celulares do lenho normal e de reação.

No Japão, HARADA⁹⁴ e SUDO¹⁶⁰ têm-se dedicado ao estudo dos elementos celulares constituintes da madeira, pesquisando o arranjo micelar e formação da parede celular e a ultraestrutura das pontuações em madeiras e bambús.

DADSWELL & NICHOLLS⁷¹, da Austrália, reconhecem que a variação das propriedades da madeira em função da idade deve ser levada em conta para os estudos de qualidade da madeira.

Em uma série de trabalhos, BAMBER & BURLEY³⁷ quantificaram, de acordo com a idade da árvore, a variação de propriedades tais como comprimento dos traqueóides, densidade básica, porcentagem de lenho tardio e ângulo fibrilar em *Pinus radiata* e *P. elliottii*. Padrão similar de variação tem sido também constatado para comprimento de fibras, densidade e diâmetro tangencial dos vasos em eucalipto (BISSETT & DASDWELL²³, BAMBER¹⁷).

Sobre o relacionamento da variação das características anatômicas com a ecologia e sua influência na qualidade da madeira, foram desenvolvidos vários trabalhos. HARRIS⁹⁵, por exemplo, mostrou que a densidade em *P. radiata* está relacionada com a altitude, enquanto COWN⁶² encontrou cerca de 30% de variação na densidade de *P. radiata* da Nova Zelândia devido aos efeitos da latitude. As variações ecológicas em dimensões de células constituintes da madeira foram analisadas por CARLQUIST⁴⁴ e revisadas por BAAS⁵⁻⁶.

Segundo HUGHES¹⁰¹, o principal objetivo da investigação anatômica é verificar a relação existente entre as características estruturais da madeira e seu uso; por exemplo, as dimensões das fibras são indicações importantes das propriedades de uma determinada espécie de madeira e sua adequação na fabricação de um tipo específico de papel.

Atualmente, no Japão, Austrália, Nova Zelândia e Chile, devido à necessidade de buscar usos mais adequados para as espécies florestais, estudos sobre a qualidade da madeira têm sido grandemente incrementados, dando ênfase maior às pesquisas sobre densidade, grã espiralada e comprimento das fibras (SUDO¹⁶⁰). ESAU⁷⁸, afirma que a composição do lenho, a estru-

tura e a organização de seus elementos constituintes determinam as propriedades físicas da madeira e sua aptidão para o uso comercial.

As fibras libriiformes e fibrotraqueóides são os elementos celulares mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica do lenho das dicotiledôneas. Estudos comprovaram existir estreita correlação entre volume de fibras, peso específico e resistência mecânica (ESAU⁷⁸).

2.2 LEGUMINOSAE

2.2.1 Particularidades da Família

A família *Leguminosae* Adans é vasta, cosmopolita e geologicamente antiga. Está ausente apenas nas regiões ártica e antártica, pobremente representada na Nova Zelândia. Os trópicos são particularmente ricos em espécies herbáceas e lenhosas (BURKART³²).

Segundo POLHILL & RAVEN¹⁴², as Leguminosas atualmente compreendem cerca de 650 gêneros e 18.000 espécies e são a maior família de folhosas, depois das Compositae e Orchidaceae.

Leguminosae é uma família polimorfa e natural. A sua unidade como grupo taxonômico, embora contestada por HUTCHINSON¹⁰² e STRASBURGER¹⁵⁸, é sustentada por BENTHAM¹⁸, ENGLER⁷⁷ e BURKART³².

ENGLER⁷⁷ reconhece três sub-famílias em Leguminosae: *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae* e *Faboideae* (*Papilionoideae*), nesta provável seqüência evolutiva.

CRONQUIST⁶⁸, em seu sistema de classificação, considera *Leguminosae* como uma nova ordem "Fabales", com três famílias *Mimosaceae*, *Caesalpinaceae* e *Fabaceae*.

Na Conferência Internacional de Leguminosae, os pesquisadores se mostraram favoráveis à manutenção das três sub-famílias *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae*, *Papilionoideae*, conforme citado por POLHILL & RAVEN¹⁴².

Segundo BURKART³², a elevação das sub-famílias de Leguminosae para a categoria de família não é adequada, devido à existência de muitas espécies de transição, que impossibilitam a delimitação satisfatória das entidades taxonômicas propostas.

Sob o ponto de vista de anatomia da madeira, também não se verifica uma linha nítida de diferenciação entre as sub-famílias de Leguminosae, sendo igualmente vantajosa a manutenção da unidade da família (RECORD & HESS¹⁴⁶, SENN¹⁵³).

COZZO⁶³ fez um estudo anatômico muito cuidadoso e extensivo de madeiras de Leguminosae argentinas, com observações taxonômicas valiosas. Segundo ele, as madeiras de *Mimosoideae* e *Caesalpinioideae* são estruturalmente mais homogêneas que as de *Papilionoideae*, sendo difícil o estabelecimento de diferenciações práticas entre seus gêneros e tribos. Ainda, as *Mimosoideae* mostram menor variação anatômica que as *Caesalpinioideae*.

METCALFE & CHALK¹²⁵ consideram a estrutura anatômica das madeiras de *Mimosoideae* como a menos especializada e a de *Papilionoideae* como a mais evoluída da família. A estrutura dos raios em *Mimosoideae*, entretanto, é a mais evoluída dos três grupos, opinião sustentada também por BARETTA-KUIPERS¹⁹. Os raios são sempre homogêneos, compostos de pequenas células procumbentes, com raios unisseriados tipicamente escassos. A proporção de gêneros com fibras septadas mostra uma sugestiva

redução de *Mimosoideae* para *Papilionoideae*, mas o significado evolutivo desta característica não está bem definido.

REINDERS-GOUWENTAK¹⁴⁷ fez uma análise da estrutura complexa da madeira de alguns gêneros da América do Sul, e tirou conclusões sobre o grau taxonômico das sub-famílias. BRAZIER²⁸ fez um estudo mais restrito sobre o gênero *Piptadenia*.

Outros estudos sistemáticos de anatomia de madeira são aqueles realizados por KOOPEN & ILTIS¹¹¹ sobre *Martiodendron*, *Andocalymma* e *Dicorynia*; LOUREIRO & SILVA¹¹⁸ sobre *Parkia* e *Peltogyne*; BARETTA-KUIPERS¹⁹ sobre *Inga*; LOUREIRO & RODRIGUES¹¹⁹ sobre *Swartzia*; BURGER³⁰ sobre *Dalbergia*; MARCHIORI¹²¹ sobre *Acacia* e *Mimosa*.

BARETTA-KUIPERS¹⁹ fez um extenso estudo sobre todas as tribos das sub-famílias *Mimosoideae* (35 gêneros), *Caesalpinioideae* (85 gêneros) e *Papilionoideae* (68 gêneros), concluindo que a estrutura dos raios parece ser a mais útil de todas as características para relacionar as *Leguminosae*.

QUIRK¹⁴⁴ investigou 13 gêneros de *Leguminosae* asiáticas e australianas com dois objetivos:

- a) compilar dados seguros para organizar um sistema de identificação computadorizado;
- b) prover uma chave anatômica que pudesse ser usada independentemente para identificar espécies comerciais de *Leguminosae*.

2.2.2 O Gênero *Prosopis*

O gênero *Prosopis* compreende 44 espécies e inclui árvores e arbustos (BURKART & SIMPSON³⁶). O gênero está distribuído nas zonas áridas e semi-áridas das Américas, Norte da Áfri-

ca e leste da Ásia. Trinta e uma espécies são indígenas na América do Sul. A Argentina Central e Ocidental é considerada como o centro de polimorfismo do grupo (BURKART³²).

A área natural de *Prosopis* estende-se pela maior parte da Argentina. O maior número de espécies e indivíduos se observa nas regiões fitogeográficas do Parque Chaqueño e do Monte, faltando por completo nos bosques Patagônicos e na Selva Misionera. Tampouco existem na Selva Tucumano-Oranense propriamente dita, mas se infiltram freqüentemente em suas imediações. Fora da Argentina, a área de distribuição do gênero se estende pelo centro e norte do Chile, oeste do Uruguai, Paraguai, através da Bolívia e Perú, até Venezuela, México e sudoeste dos E.E.U.U., onde há uma maior diversidade de formas, mas sem chegar ao que existe na Argentina.

BURKART³⁵ reconhece 7 tribos na sub-família Mimosoideae; as espécies de *Prosopis* estudadas neste trabalho pertencem à Tribo *Adenanthereae*, dessa sub-família.

TORTORELLI¹⁶⁵ fez uma descrição das madeiras de *Prosopis alba*, *Prosopis nigra*, *Prosopis kuntzei* e *Prosopis ruscifolia*, incluindo informações sobre a distribuição geográfica e utilização das madeiras, além de descrições botânicas e anatômicas, macro e microscópicas, do xilema.

COZZO fez um resumo das descrições anatômicas de algumas espécies do gênero *Prosopis*; elaborou também uma chave de identificação das espécies Argentinas de Mimosoideae e Caesalpinioideae, incluindo 11 espécies de *Prosopis*. RECORD & HESS¹⁴⁶ dão a distribuição geográfica, utilização e algumas características anatômicas do gênero *Prosopis*.⁶⁵

BOLZON & GOMES²⁵ descreveram a anatomia da madeira de

Prosopis ruscifolia, acrescentando considerações sobre a provável influência ecológica e sobre o nível evolutivo dessa espécie.

VILLALBA¹⁷³ descreveu a estrutura da madeira relacionada à variação sazonal da atividade cambial, fenologia e fatores climáticos, para *Prosopis flexuosa*.

2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANATOMIA DA MADEIRA

2.3.1 Normas e Recomendações

De maneira geral, para todos os trabalhos com madeira, notadamente no que se refere à sua utilização, recorre-se a normas: alemãs (DIN - Deutches Institute für Normung), americanas (ASTM-American Society for Testing Materials), inglesas (BSI - British Standard Institution), francesas (AFNOR-Association Française de Normalisation), inclusive a "International Standard Organization", que estipulam o tamanho das amostras, porcentagem de umidade, de acordo com o teste aplicado, etc. Para a descrição macroscópica e microscópica de madeiras, embora não exista oficialmente uma padronização internacional para indicar quais as características mais importantes, como descrevê-las, o que e quanto medir, tem-se seguido a orientação dos autores clássicos de anatomia da madeira (CHATTAWAY⁵⁰, KRIBS¹¹⁴, METCALFE & CHALK¹²⁵). Na Argentina, o "Instituto de Racionalización de Normas - IRAN" não especifica normas para descrição de madeiras; usualmente são seguidas as orientações de TORTORELLI¹⁶⁵ e COZZO⁶⁴.

Uma minuciosa tentativa de normalizar a sequência de observações das características anatômicas macroscópicas e microscópicas foi levada a efeito pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), cujas recomendações foram, em 1973, aprovadas na íntegra pela COPANT (COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS⁶⁰).

A partir daí, os trabalhos de anatomia de madeira, principalmente os desenvolvidos no Laboratório de Anatomia de Madeira do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (GOMES, TEIXEIRA, BURGER, MARCHIORI, GOMES, J., BOLZON, BOTOSSO, etc.) tomaram como base as recomendações da norma COPANT 30:1-019 para as descrições macro e microscópicas, com algumas modificações. Estas normas definem números fixos de medições para certos caracteres, enquanto que para outros o número de medições deve ser determinado segundo critérios estatísticos, os quais carecem de revisão. O contínuo uso destas recomendações de normas, no entanto, mostrou, principalmente quando comparado com trabalhos europeus (BAAS⁵⁻⁶, WELLE¹⁷⁷, VLIET¹⁷⁴, OEVER *et alii*¹³², etc), que o modelo seguido apresentava falhas ou deficiências de detalhamento que impossibilitavam algumas vezes seu seguimento.

2.3.2 Métodos Histométricos

Uma grande variedade de métodos tem sido empregada para medir e quantificar os diferentes elementos estruturais da madeira. As técnicas envolvem o uso de microscópio, através do qual as medições são realizadas mediante uma ocular com escala micrométrica ou a partir de uma imagem projetada. Geralmente, a limitação no uso destes métodos reside na necessidade de com-

pilar o grande número de medições normalmente requerido. Desta forma os métodos tradicionais exigem um tempo mais longo e, conseqüentemente, maior desgaste físico, do qual podem resultar erros.

Nas medições pelos métodos tradicionais de elementos celulares isolados, vem-se utilizando microscópios óticos de precisão cada vez maior e para ressaltar o valor diagnóstico na identificação dos caracteres foram usados os microscópios eletrônicos de varredura (SEM) e de transmissão (TEM).

Atualmente, na área de anatomia da madeira, muitos métodos computadorizados ou com sistemas de análise de imagens têm sido desenvolvidos com o objetivo de facilitar as medições e os estudos dos elementos anatômicos da madeira.

A incorporação de sistemas de análise de imagens ao estudo de importantes caracteres estruturais da madeira é relativamente nova. Inicialmente, o desenvolvimento de um sistema de identificação usando microprocessador foi descrito por ILIC & HILLIS¹⁰⁷ relacionando dimensões de fibras com colapso em *Eucalyptus*. TRENARD & GUENEAU¹⁶⁶ e MARIAUX¹²³, empregaram este tipo de sistema no estudo anatômico de madeiras. HUBER¹⁰⁰, utilizando o mesmo sistema, desenvolveu, com o auxílio de um analisador de imagens, um método enzimático que facilita os estudos quantitativos de madeiras, especialmente de áreas próximas à zona cambial.

QUIRK¹⁴³ aplicou o sistema digitador sônico para recompilação de dados tais como comprimento de fibras, vasos e altura de raios, reduzindo consideravelmente o tempo e o erro. ELLIS *et alii*⁷⁶ aplicaram um método de microscopia automatizada na determinação da área das paredes e lúmens celulares, em-

pregando o mesmo princípio do sistema de análise de imagem desenvolvido por LEE & ROSEN*.

O uso deste sistema tem-se demonstrado apropriado na análise de estruturas (forma e tamanho) e textura (distribuição dos objetos). Seu funcionamento tem como princípio o emprego de diferentes níveis de contatação, independentemente de sua posição, os quais, podem ser escolhidos de acordo com o contraste apresentado pelos vários elementos a serem analisados.

VETTER & BOTOSSO¹⁷² aplicaram a análise de imagem na determinação das medições dos elementos anatômicos e a quantificação objetiva para diferentes áreas da pesquisa de produtos florestais.

A porcentagem dos diferentes tecidos, tais como fibras, raios, parênquima axial e vasos, é de grande importância na tecnologia da madeira, pois permite prejulgar sua utilização, principalmente na indústria papaleira. Para a obtenção dessa porcentagem existem vários métodos: um deles, muito conhecido e laborioso, baseava-se no desenho ou fotografia do corte anatômico, de onde se recortavam os diferentes tecidos (AHRENS¹). Outros empregavam o polarímetro para medir as áreas no desenho, ou fotografia, ao invés de fazerem recortes (HOESTER & SPRING⁹⁸).

HUBER & PRUETZ⁹⁹, utilizando-se de uma placa de integração movida a motor elétrico, obtiveram dados quantitativos sobre o volume ocupado pelos diferentes tecidos. AHRENS & LECHTHALER², empregando este tipo de placa, publicaram dados

* LEE, J. & ROSEN, D. The application of automated microscopy to wood anatomy. In: Wood Anatomy Meeting of IAWA and IUFRO, Hamburg, F.R.G., October, 2-6:

histométricos sobre algumas madeiras. HOESTER & SPRING⁹⁸, lançando mão de processo moderno e simplificado, através de uma ocular de integração acoplada a um aparelho elétrico de contagens hematológicas, publicaram dados sobre os diferentes tecidos da madeira de *Quercus robur*.

IFJU¹⁰³ utilizou métodos estereológicos na avaliação dos elementos constituintes da madeira. Segundo ele, a determinação da fração de pontos, ou determinação da frequência relativa de um determinado carácter, deve ser realizada preferencialmente em plano perpendicular à estrutura. Desta forma, o plano longitudinal tangencial é melhor indicado para a determinação da fração de raios e o plano transversal para a determinação de tecidos axiais.

MARCHIORI¹²¹ provou que não há diferença significativa entre as determinações histométricas realizadas em seção transversal e longitudinal tangencial.

2.3.3 Aplicação da Estatística na Anatomia de Madeira

Até a década de 1960, métodos estatísticos foram pouco aplicados nas pesquisas de anatomia da madeira, sendo por isso a bibliografia pertinente muito escassa.

A maior dificuldade na aplicação da estatística em estudos anatômicos refere-se à coleta de dados, pois deve-se fazer uma amostragem preliminar que depende do objetivo da pesquisa e do equipamento utilizado.

Existem várias técnicas (FREESE⁸⁰, SNEDECOR & COCHRAN¹⁵⁵) para a determinação da amostragem preliminar, a fim de se estabelecer ou definir o número, distribuição e tamanho das amostras necessárias, tanto em trabalhos de campo como em laboratô-

rio. Há, porém, que se considerar, em trabalhos futuros o uso dos componentes de variância (BLISS²⁴, BURLEY *et alii*⁴⁰), para um melhor método de distribuição de amostragem, em vários níveis de hierarquia da amostra, tendo efeitos aleatórios. Exemplos apropriados de fontes para os diferentes tipos de análises estatísticas aplicáveis nos estudos de anatomia da madeira são encontrados em trabalhos de SEAL¹⁵², KENDALL¹¹⁰ e ANDERSON³.

De qualquer modo, a aplicação dos métodos estatísticos dependerá sempre dos objetivos da pesquisa. Assim, por exemplo, em trabalho que procura unicamente a classificação de um taxon é suficiente o cálculo da média e do erro padrão para os dados obtidos. Já na análise de diferenças dentro de árvores, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos matemáticos para identificar estas variações tanto em coníferas quanto em dicotiledôneas (BURLEY³⁸, ANDREW & BURLEY⁴), usando-se também análises de regressão para correlacionar pares de características.

BURLEY & MILLER³⁹ consideram impossível comparar características de várias árvores com o simples uso de médias. Recomendam que a comparação seja feita por meio de curvas polinomiais.

A análise de variações entre árvores é feita também por análise de variância (SNEDECOR & COCHRAN¹⁵⁵, SCHEFFÉ¹⁵¹) que indicam a razão entre as variâncias das médias e o erro.

Pelo desenvolvimento de modelos matemáticos apropriados (aleatórios ou mistos), pode-se determinar a influência de fatores do meio sobre caracteres anatômicos da madeira. Por exemplo, determinações feitas em diferentes locais ou sob diferen-

tes tratamentos silviculturais mostram variações significativas entre esses caracteres anatômicos (HANS *et alii*⁹³). Após determinada a variação pelo uso de regressões e correlações, pode-se relacionar caracteres medidos com variáveis independentes tais como altitude e latitude (GRAAF & BAAS⁹², OEVER *et alii*¹³²).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DA COLETA DAS ÁRVORES

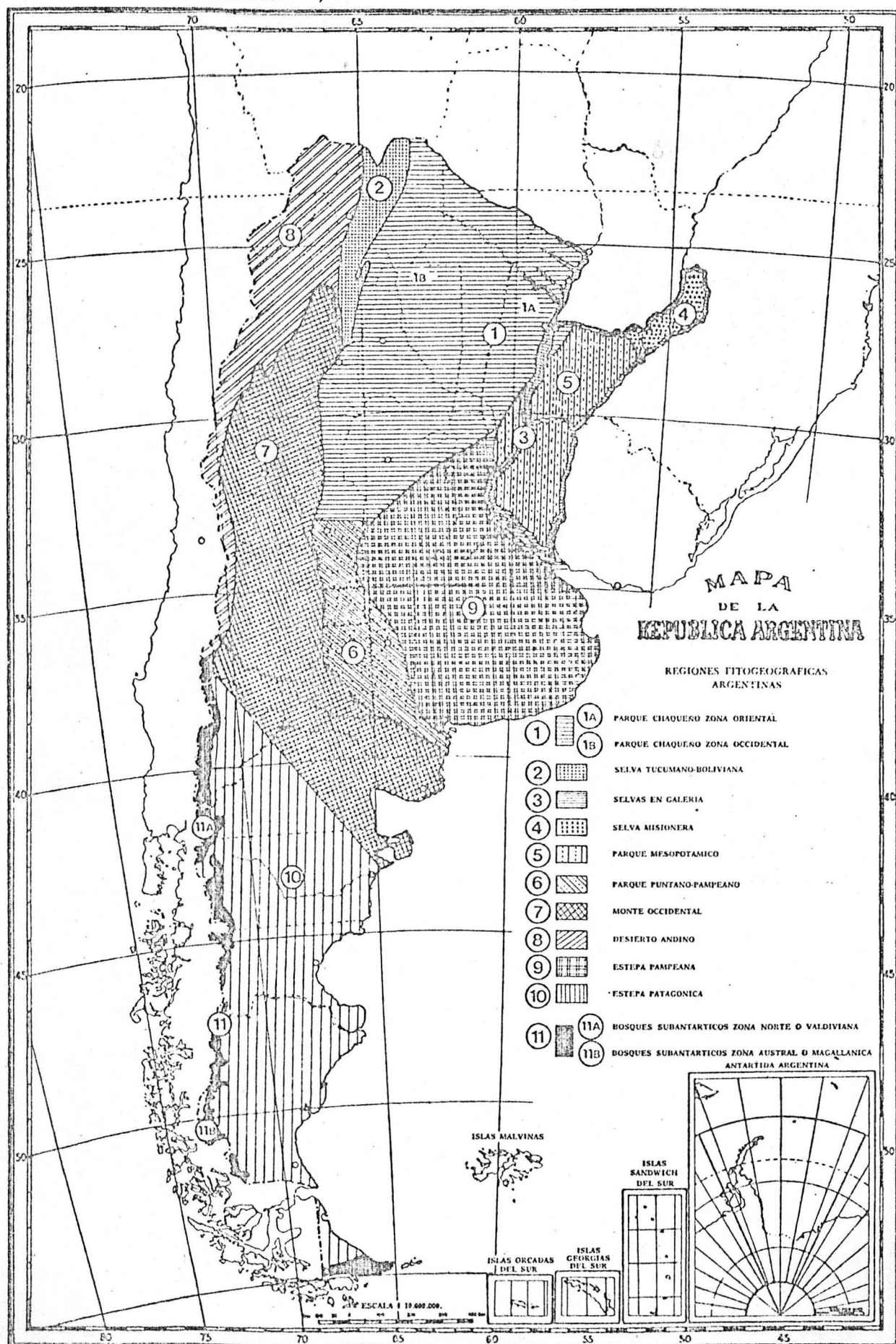
O material estudado no presente trabalho foi coletado na Província de Santiago del Estero, noroeste da Argentina, na região da formação fitogeográfica denominada Parque Chaqueño seco. O Parque Chaqueño possui uma extensão de 1.000.000 Km²; destes, 655.000 Km² na Argentina, 240.000 Km² no Paraguai, alcançando ainda a Bolívia e o Brasil.

Na Argentina compreende os Estados de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, leste dos Estados de Salta, Tucumán, Catamarca e La Rioja, noroeste de San Luis, norte de Córdoba mais da metade do Estado de Santa Fé e noroeste de Corrientes. A Figura 1 mostra as regiões fitogeográficas Argentinas.

Toda esta área se caracteriza pela semi-aridez, que se traduz pela presença de uma formação fitogeográfica característica, apresentando uma vegetação do tipo xerófilo com massas disseminadas, de pouca espessura e irregulares, onde predominam as espécies heliófilas.

Caracteriza-se por possuir espécies de madeiras duras, distinguindo-se como principais *Schinopsis quebracho colorado* e *Aspidosperma quebracho blanco*, e como secundárias diversas espécies de *Prosopis* e outras.

FIGURA 1. REGIÕES FITOGEográficas DA REPÚBLICA ARGENTINA

(DIMITRI⁷²)

3.1.1 Condições Climáticas e Edáficas da Região

Devido à sua localização continental e sua latitude, a área de interesse tem caracter desértico latente, não se produzindo este fenômeno devido à cobertura vegetal que protege o solo.

A precipitação média em 30 anos de observação na região é de aproximadamente 500 mm anuais, chovendo na primavera e verão.

As temperaturas são elevadas no verão, com máximas de mais de 48°C, sendo a média do mês de janeiro de 28°C; no inverno a média do mês de julho é de 15,5°C, apresentando geadas com temperatura de até -6°C.

Registram-se ventos predominantes do quadrante norte, quentes e secos, que produzem erosão eólica.

Os solos, em geral, são aluviões, calcáreos, de textura moderada, franco-arenosos, francos e franco-limosos, profundos. Apresentam escassa capacidade de retenção de água; pH neutro na superfície, tornando-se de moderado a fortemente básico à medida que se aprofunda.

3.1.2 Espécies Estudadas

As espécies do gênero *Prosopis* escolhidas para o presente trabalho foram as seguintes:

<u>Nome Científico:</u>	<u>Nome vulgar:</u>
<i>Prosopis vinalillo</i> Stuck.	vinalillo
<i>Prosopis kuntzei</i> Harms	itin, palo mataco, barba de tigre
<i>Prosopis alba</i> Gris.	algarrobo blanco, árbol, ibopé
<i>Prosopis ruscifolia</i> Gris.	vinal, visnal
<i>Prosopis nigra</i> (Gris.) Hieron.	algarrobo negro

3.1.3 Coleta de Material

Para cada espécie foram coletadas amostras de madeira de quatro árvores, provenientes de diferentes locais da Província de Santiago del Estero. Na Figura 2 estão assinalados os pontos de coleta. O material foi obtido de discos, extraídos ao nível do diâmetro à altura do peito (DAP), conforme recomendações da COPANT 30:1-019.

Também foram confeccionadas exsiccatas de material botânico completo, para identificação correta das espécies. O material utilizado está arquivado no Herbário do Jardim Botânico da Faculdade de Ciências Florestais da Universidade Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

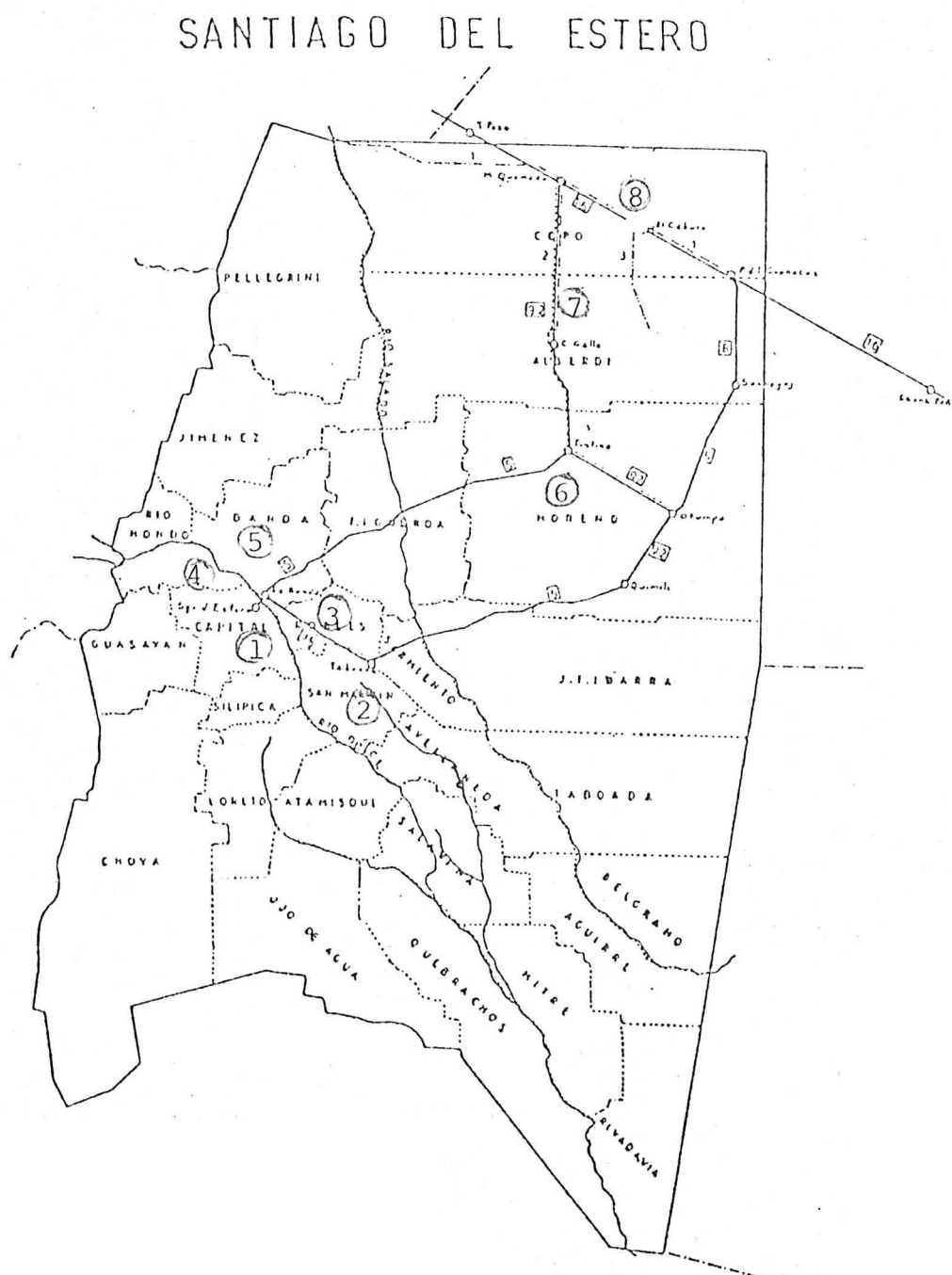
No Apêndice 1 estão relacionados os dados relativos ao habitat, hábito, procedência, coletores, identificadores e dados de coleta das espécies.

3.1.4 Descrições da Madeira e Histometria

Tanto para as descrições macro e microscópicas, como para as mensurações dos elementos celulares individuais seguiu-se as recomendações 30:1-019 da COPANT⁶⁰, com as alterações introduzidas por BURGER³⁰ e MARCHIORI¹²¹ que foram:

- a) para todos os caracteres medidos ou determinados são fornecidos os valores de média, número total de medições, valores máximo e mínimo, desvio padrão, variância e coeficiente de variação;
- b) na contagem de poros/mm² considerou-se cada poro como uma unidade, e não as séries e aglomerados de poros;

FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DO MATERIAL



- c) mediu-se o diâmetro tangencial total dos poros, incluindo as paredes, e não apenas o diâmetro do lúmen dos mesmos;
- d) a largura de raios imersos em parênquima axial e em fibras não foi medida separadamente;
- e) os valores de altura de raios e comprimento de fibras foram referidos em micrômetros ao invés de milímetros;
- f) foi determinada a porcentagem dos tecidos;
- g) foram feitas medições separadas para raios unisseriados e multisseriados.

As descrições macroscópicas foram feitas com o auxílio de lupa Bausch & Lomb, com aumento de 10X; para as descrições microscópicas utilizou-se microscópio binocular Carl-Zeiss.

Os dados quantitativos foram obtidos através de um aparelho analisador de imagem e microcomputador Videoplan (marca Kontron), onde a imagem microscópica, com a magnificação desejada, é projetada por um microprojeto Pictoval sobre uma placa magnetizada. Com o auxílio de uma caneta ou indicador especial, ligada ao aparelho, determina-se a grandeza do elemento celular ou do tecido, à medida em que circunscreve a imagem da célula ou tecido projetado sobre a placa. As informações histométricas das estruturas medidas aparecem instantaneamente na tela do monitor que é acoplado ao microcomputador, podendo ser impressas imediatamente pela impressora que faz parte do conjunto.

Com o uso de programas aplicativos (software) obtém-se histogramas de distribuições de frequência absoluta e frequência relativa acumulada; além disso obtém-se a curva da distri-

buição normal , que se pode ver na Figura 3, o que permite fazer uma avaliação gráfica de ajuste da distribuição normal dos caracteres avaliados. Com isto demonstrou-se que a tendência dos caracteres analisados, inclusive dos caracteres discretos, apresentava uma distribuição que se aproxima a uma normal. Também são obtidos índices estatísticos básicos, valores mínimos, máximos, média, variância, curtose, assimetria, determinação de correlações entre caracteres.

Os dados das espécies estudadas se encontram armazenados em disquetes.

Para a obtenção dos valores de porcentagem de cada tipo de tecido de madeira utilizou-se um microscópio binocular Carl Zeiss com ocular de escala graduada. Com movimentos aleatórios do charriot sobre os cortes transversal e longitudinal tangencial registrou-se o tipo de célula que coincidia, a cada movimento, com o zero da escala graduada. Para as contagens, em número de 100 por espécie, foi utilizado o aparelho marca Leucodiff 1050. Os valores obtidos, expressos em porcentagem, foram representados em histogramas.

A cor das amostras das madeiras foi determinada com a utilização de uma tabela de cores para tecidos vegetais (MUNSELL *).

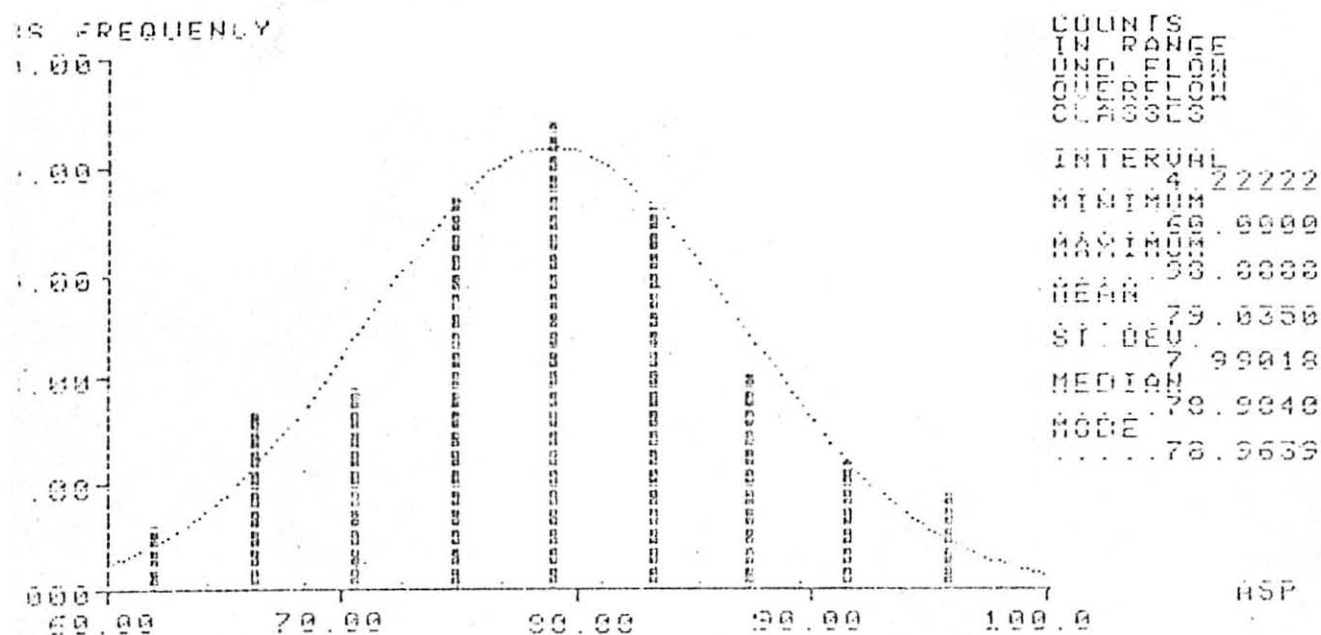
3.1.5 Ilustrações

Para as fotomicrografias foi utilizado um foto-microscópio Carl Zeiss. O filme empregado foi o tipo Kodak-Panatomic X Asa 32 e as ampliações feitas em papel fotográfico Kodabromid F-3 brilhante.

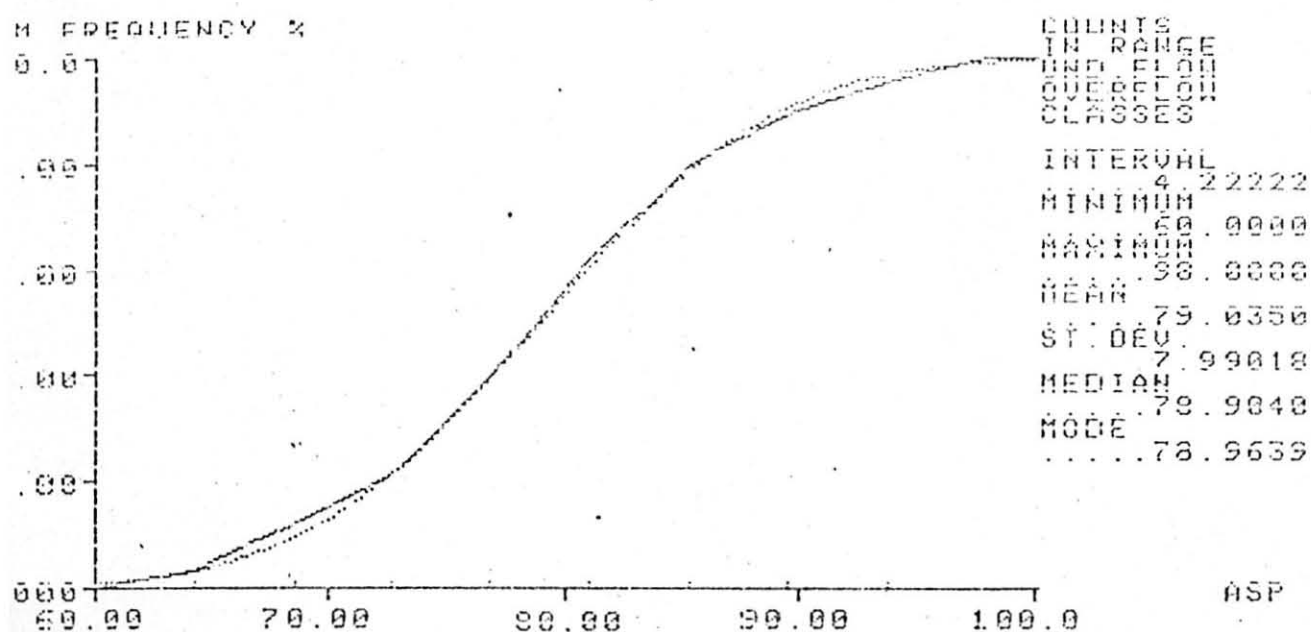
* MUNSELL COLOR. Munsell color chart for plant tissues. Baltimore, 1952. 19 p.

FIGURA 3. ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm) EM
Prosopis ruscifolia

a) HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA RELATIVA SOBREPOSTO À
CURVA DE GAUSS



b) CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA SOBREPOSTA À
CURVA NORMAL, DETERMINADA PELA MÉDIA E DESVIO
PADRÃO



Para as eletromicrografias foi usado um microscópio eletrônico de varredura marca Philips, SEM 505, 15 kv.

3.1.6 Processamento de Dados

Os dados quantitativos dos caracteres anatômicos obtidos das medições, foram processados diretamente no Videoplan, marca Kontron, do laboratório de Anatomia da Madeira do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Com o uso de programas aplicativos foram obtidos valores médios, máximos e mínimos, desvio padrão, variância, erro padrão da média, mediana e modo, para cada característica estrutural. Os valores obtidos são apresentados no Apêndice 2 para cada espécie separadamente. Dos resultados de interesse para a separação e identificação das espécies foram confeccionados histogramas.

3.2 MICROTÉCNICA

As amostras de madeira destinadas à obtenção das seções histológicas do xilema foram retiradas, preferencialmente, das partes mais próximas da periferia do xilema, zona onde as características da estrutura do lenho são mais estáveis com menor risco de se trabalhar com lenho juvenil.

Os bloquinhos de madeira foram então, devidamente orientados nos planos de corte transversal, longitudinais tangencial e radial, e então cozidos em água para amolecimento.

As seções anatômicas foram feitas em micrótomo de deslizamento, modelo Spencer A0 nº 860, com espessura variando de 14 a 24 micrômetros, conforme a maior ou menor dureza do material.

Para o tingimento das seções utilizou-se o método de tripla coloração, com vermelho de acridina, crisoidina e azul de Astra (DUJARDIN⁷³). Posteriormente as seções anatômicas foram desidratadas em série alcoólica ascendente, colocadas em xilol e montadas em lâminas com "Entellan".

A maceração dos tecidos componentes da madeira foi obtida pelo método de Jeffrey (FREUND⁸¹): solução aquosa de ácido nítrico e ácido crômico a 10%, na proporção de 1:1. Utilizou-se safranina como corante. O processo de desidratação de tecido macerado e o meio de montagem empregados foram os mesmos citados na preparação das lâminas com cortes histológicos.

Para microscopia eletrônica de varredura (SEM), foram preparados pequenos blocos de madeira; estes foram revestidos com uma camada de ouro de aproximadamente 200 Å, através do "Sputtering SCD 030", das Balzers Union.

3.3 ANÁLISE DA METODOLOGIA NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

3.3.1 Coleta de dados

Os dados utilizados para esta análise metodológica foram obtidos de trabalhos e teses de mestrado de Anatomia de Madeira anteriormente desenvolvidos no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (GOMES *et alii*⁸⁷, BURGER³⁰, MARCHIORI¹²¹, GOMES⁹¹, BOTOSSO²⁶, MARCHIORI & GOMES¹²², GOMES & MARCHIORI⁸⁸), que seguiram, de maneira geral, as recomendações de Norma COPANT 30:1-019, perfazendo um total de 65 espécies, compreendidas em 15 famílias

botânicas, incluídas as cinco espécies de *Prosopis*, que são descritas nesta dissertação.

3.3.2 Caracteres Quantitativos Avaliados

Na Tabela 1 estão apresentados os caracteres quantitativos avaliados, colocando-se o número de medições recomendadas pela COPANT 30:1-019 e as efetuadas por espécie analisada.

Nos caracteres assinalados +, para os quais a norma não especifica um número fixo de medições, tem-se feito de 50 a 100 por corpo de prova, tendo sido estes números subjetivamente pré-estabelecidos conforme a variabilidade do caráter.

Para cada uma das 65 espécies, incluídas as cinco de *Prosopis*, foi calculado o número de medições necessárias, a níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% para limite de erro da média de 1 a 15%, dos caracteres anatômicos mensuráveis (Tabela 1), pela fórmula:

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{E^2} = \frac{t^2 \cdot s^2}{(LE \cdot \bar{x})^2} \quad (1)$$

onde:

n = número de medições necessárias por espécie;

t = valor tabelar;

s^2 = variância por espécie;

E = erro permitido;

LE = limite de erro geralmente expresso em porcentagem;

\bar{x} = média da variável considerada.

TABELA 1. CARACTERES QUANTITATIVOS LEVANTADOS POR ESPÉCIE
MOSTRANDO NÚMERO DE MEDIÇÕES RECOMENDADAS PELA
NORMA COPANT 30:1-019 E NÚMERO DE MEDIÇÕES EFETUA-
DAS

Caracteres	Nº de medições re- comendadas pela nor- ma COPANT 30:1-019	Nº de medições efetuadas
Poros/mm ²	+	300 - 400
Diâmetro tangencial dos poros(µm)	+	300 - 400
Espessura da parede do vaso (µm)	50	150 - 200
Comprimento de elementos vascula- res (µm)	+	150 - 200
Comprimento dos apêndices vascula- res (µm)	++	150 - 200
Ø das pontuações intervascula- res (µm)	25	30 - 100
Ø pontuações raio-vasculares(µm)	10	30 - 100
Ø pontuações parênquimo-vascula- res (µm)	10	30 - 100
Altura das células de parênquima axial fusif. (µm)	+++	150 - 200
Ø das células de parênquima axial (µm)	50	150 - 200
Altura das séries de parênquima axial (µm)	50	150 - 200
Altura das séries de parênquima axial (células)	50	150 - 200
Raios/mm	++	150 - 200
Largura dos raios unisseriados(µm)	50	150 - 200
Altura dos raios unisseriados(µm)	50	150 - 200
Altura dos raios unisseriados (células)	50	150 - 200
Largura dos raios multisseriados (µm)	50	150 - 200
Largura dos raios multisseriados (células)	50	150 - 200
Altura dos raios multisseriados(µm)	50	150 - 200
Altura dos raios multisseriados (células)	50	150 - 200
Comprimento das fibras (µm)	+	300 - 400
Ø total das fibras (µm)	+	300 - 400
Ø do lumen das fibras (µm)	+	300 - 400
Espessura da parede das fibras(µm)	+	300 - 400

Obs.: + numero necessario para que a precisao seja igual ou superior a 90%
(COPANT 30: 1-019)

++ número de medições não previstos pela norma.

+++ medições não previstas pela norma.

Com a finalidade de se avaliar e comparar o comportamento dos caracteres anatômicos dentro e entre as espécies, foram estas reunidas em três grupos distintos:

- Gênero *Prosopis* (entenda-se: as cinco espécies de *Prosopis* aqui estudadas);
- Família Leguminosae;
- Total das espécies analisadas.

Estes grupos foram estabelecidos levando-se em consideração a pouca variabilidade da estrutura anatômica das espécies de *Prosopis*, a grande amplitude de variabilidade da estrutura anatômica das madeiras na família Leguminosae e, no caso do total das espécies, para se ter uma avaliação dos limites da variabilidade de cada um dos caracteres mensuráveis em um grupo heterogêneo, formado por indivíduos de diferentes famílias botânicas.

Com a média e variância de cada um dos caracteres por espécie, calculou-se a média e variância ponderada dos caracteres nos grupos, pelas fórmulas:

$$\bar{x}_g = \frac{\sum (n_e \cdot \bar{x}_e)}{\sum n_e} \quad (2)$$

$$s_g^2 = \frac{(n_e - 1) \cdot s_e^2 + n_e \cdot \bar{x}_e - \sum n_e \cdot \bar{x}_g^2}{\sum n_e - 1} \quad (3)$$

onde:

\bar{x}_g = média aritmética ponderada do grupo;

n_e = número de medições por espécie;

\bar{x}_e = média aritmética por espécie;

s_g^2 = variância ponderada do grupo;

s_e^2 = variância por espécie.

Com os dados obtidos passou-se novamente à fórmula (1) usada no cálculo da determinação do número de medições para os diferentes elementos estruturais de cada grupo.

Foram elaborados no computador HP-85 do Laboratório de Tecnologia da Madeira do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, programas em linguagem BASIC para a verificação do número de medições necessárias para cada caráter em cada espécie, além do cálculo da média e variância ponderada por grupos. Estes programas podem ser vistos no Apêndice 3.

Para cada caráter medido representou-se graficamente o número de medições necessárias em função do limite de erro percentual, mostrando a relação que ocorre nos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ESTRUTURA DO LENHO DAS CINCO ESPÉCIES DO GÊNERO *Prosopis* ESTUDADAS

Os aspectos anatômicos macroscópicos e microscópicos das madeiras foram observados e descritos. Os caracteres qualitativos e quantitativos dos elementos constituintes do xilema secundário foram considerados. Os dados quantitativos utilizados nesta descrição são mostrados no Apêndice 2, separadamente para cada espécie.

4.1.1 *Prosopis vinalillo* Stuck.

Nome comum: "vinalillo"

Distribuição geográfica: na Argentina se distribue pelos Estados de Salta, Chaco, Formosa, Santiago del Estero e Santa Fé, estendendo-se ao Paraguai.



DESCRIÇÃO DA MADEIRA

Caracteres gerais:

Alburno e cerne distintos pela cor. Cerce de cor castanha-clara rosada (MUNSELL 7,5 YR-8/4-7/4); alburno de cor amarela-esverdeada (MUNSELL 5 Y - 8/8), muito es-

treito, menos de 2 mm. Madeira sem brilho, sem odor e gosto característicos, textura fina a média, de grã direita a levemente regular.

Anéis de crescimento: Pouco visíveis a olho nú, visíveis sob lente, individualizados pelo acúmulo de poros de maior diâmetro do anel e pela presença de parênquima marginal.

Vasos: Constituem cerca de 11% do volume da madeira, em porosidade em anel semi-circular, evidenciada não tanto por diferenças nos diâmetros dos poros, mas principalmente pelo acúmulo de vasos de diâmetro maior no início do anel de crescimento; invisíveis a olho nú, visíveis com lente de 10X; principalmente solitários, em múltiplos radiais de 2 a 3 poros e em agrupamentos racemiformes de vasos de diâmetro menor que tendem a acumular-se no final do anel de crescimento; diâmetro dos vasos extremamente pequeno a médio (21 - 98 - 211 μm); paredes medianamente espessas (1,5 - 5 - 8 μm); de seção circular a oval nos solitários e mais ou menos poligonal nos múltiplos. Elementos de vasos muito curtos (41 - 157 - 278 μm). Apêndices ausentes, ou presentes em uma ou ambas extremidades, curtos (4 - 21 - 63 μm). Estriações tenuíssimas, ornamentadas, quase imperceptíveis ao microscópio ótico, presentes na parede dos vasos. Placa de perfuração exclusivamente simples; em geral de bordos lisos, ocasionalmente ornamentada em vasos menores; em plano aproximadamente transverso nos vasos de maior diâmetro, mais inclinada em elementos de menor diâmetro. Vasos des-

providos de tilos; com inclusões orgânicas, com aspecto de gomo-resina, muito freqüentes em poros do cerne.

Pontuações intervasculares alternas, de diâmetro pequeno ($3,5 - \underline{6} - 8,5 \mu\text{m}$), ornamentadas, de forma oval, circular a freqüentemente poligonal, devido à proximidade. Abertura lenticular, inclusa, mas freqüentemente coalescente até 4 pontuações. Pontuações raio-vasculares ($4 - \underline{5} - 7 \mu\text{m}$) e parênquimo-vasculares ($3 - \underline{5} - 7 \mu\text{m}$), semi-areoladas, semelhantes às intervasculares.

Em corte tangencial, vasos de menor diâmetro freqüentemente geniculados, formando linhas vasculares irregulares; com elementos de vasos às vezes nitidamente derivados de células de parênquima axial, com pontuações intervasculares somente perto da placa de perfuração e com algumas pontuações simples no resto da parede.

Parênquima axial: Constituindo cerca de 33% do volume da madeira; visível a olho nú; predominantemente paratraqueal, vasicêntrico, aliforme, aliforme-confluente, em curtas faixas oblíquias interrompidas até faixas tangenciais quase completas. Parênquima apotraqueal também presente, constituído por uma linha marginal muito tênue que delimita o anel de crescimento e em parte se confunde com o parênquima paratraqueal, além de parênquima difuso escasso, no meio das fibras. Células de parênquima fusiformes e em séries de 2 a 4 células ($153 - \underline{206} - 259 \mu\text{m}$) de altura e $13 - \underline{22} - 30 \mu\text{m}$ de diâmetro, freqüentemente cristalíferas, com séries verticais de 2 a 16 câmaras com monocristais romboédricos de oxalato de cálcio. As células do parênquima apotra-

queal marginal subdividem-se muito e produzem longas fileiras axiais de minúsculos cristais em câmaras, muito menores que os cristais produzidos no resto do anel.

Raios: Constituindo cerca de 11% do volume da madeira; invisíveis a olho nú, visíveis com dificuldade com lente de 10 X; não estratificados. Espelhado pouco contrastado. Raios homogêneos, constituídos só por células procumbentes, ocasionalmente com monocristais romboédricos de oxalato de cálcio e com conteúdo semelhante a gomo-resina. Raios normais, pouco freqüentes a pouco numerosos (2 - 4 - 6 raios/mm). Raios unisseriados escassos (15% do total); extremamente finos a muito finos (6 - 12 - 20 μ m) e extremamente baixos (9 - 45 - 94 μ m), com 1 - 6 - 15 células de altura. Raios unisseriados variando de extremamente baixos a baixos (24 - 239 - 604 μ m) e com 7 - 30 - 66 células de altura; extremamente finos a estreitos (20 - 45 - 70 μ m) e com 2 - 4 - 6 células de largura.

Fibras: Tecido fibroso abundante, constituindo cerca de 45% do volume da madeira. Fibras libriiformes, não septadas freqüentemente gelatinosas: extremamente curtas a curtas (630 - 1036 - 1513 μ m); estreitas (10 - 14 - 23 μ m) e de parede muito espessa (1 - 2 - 4 μ m).

Outros caracteres: Canais intercelulares, tubos laticíferos e taniníferos, liber incluso ausentes; máculas medulares pequenas ocasionalmente presentes.

FIGURA 4. *Prosopis vinalillo*

A. Seção transversal, 50 X; B. Seção radial, 50 X; C. Seção tangencial, a seta indica vaso geniculado, 50 X; D. Seção tangencial, detalhe do vaso geniculado, 125 X.

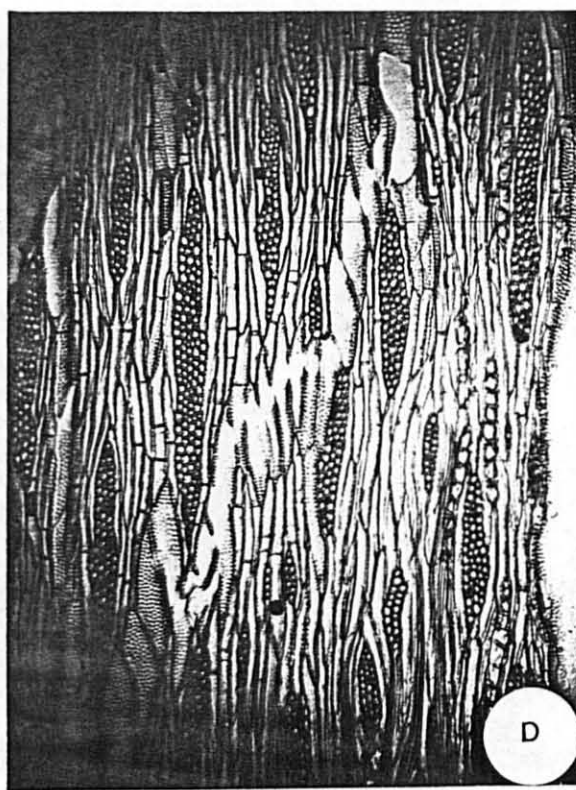
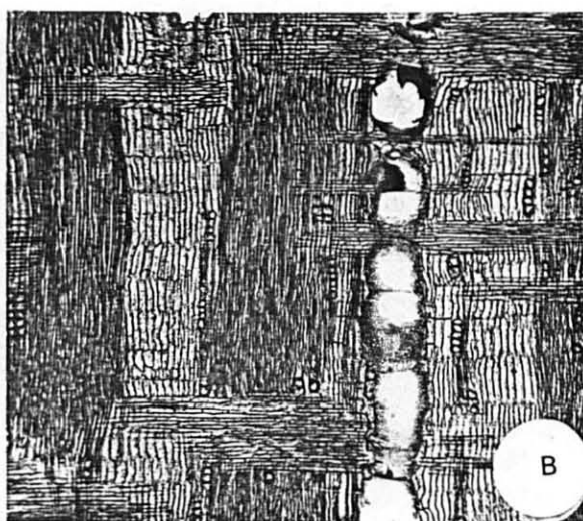
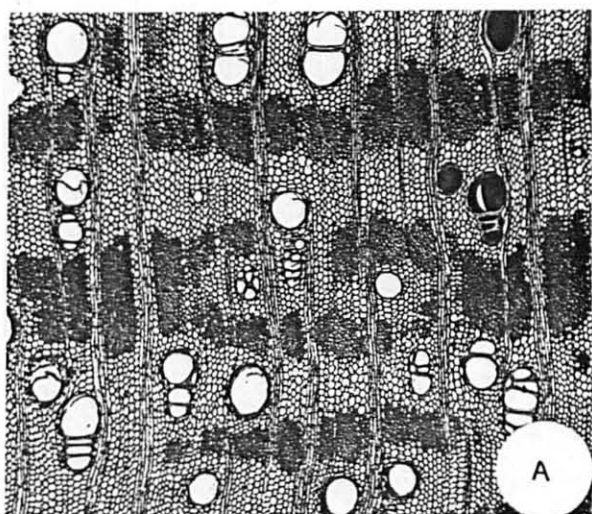


FIGURA 5. *Prosopis vinalillo*

E. Seção tangencial, vaso constituído por elementos vasculares derivados provavelmente da rediferenciação de células do parênquima axial fusiforme com pontuações areoladas próximas às placas de perfuração, 200 X; F. Seção tangencial, detalhe da foto anterior mostrando elemento de vaso com pontuações intervasculares próximas às placas de perfuração e pontuações simples (setas) no resto da parede, 500 X; G. Seção tangencial vasos com pontuações intervasculares, raios e parênquima axial cristalífero, com monocristais romboédricos de oxalato de cálcio em câmaras em séries verticais, 400 X.

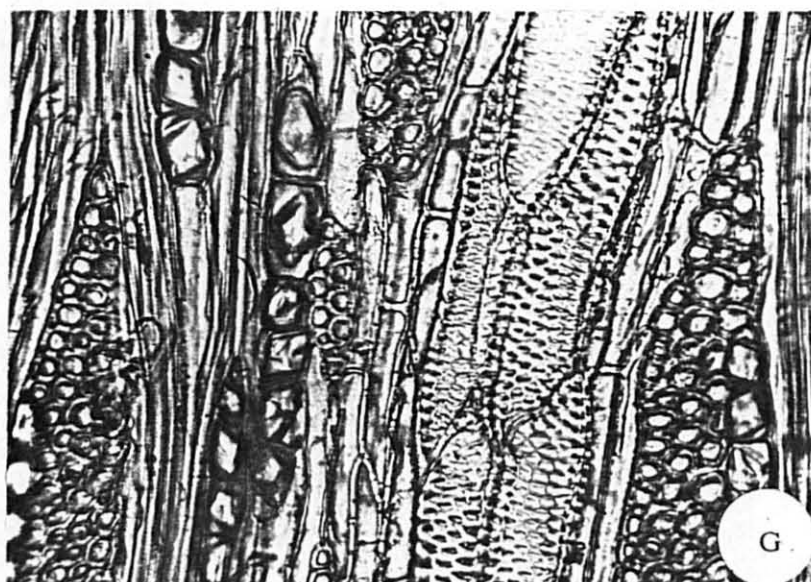
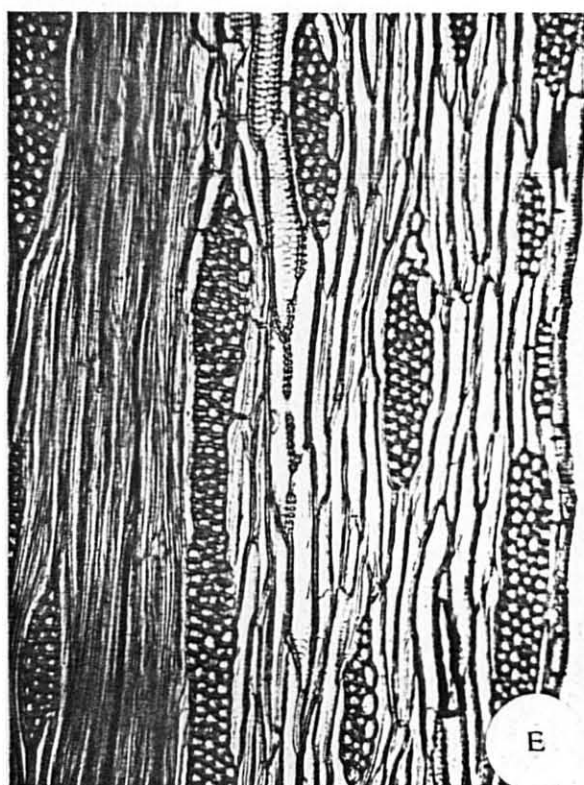


FIGURA 6. *Prosopis vinalillo*
A. Placa de perfuração simples com ornamentação nos bordos. SEM 7.500 X; B. Parede interna de elemento de vaso, mostrando abertura de pontuações, estriações e ornamentações. SEM 3.750 X

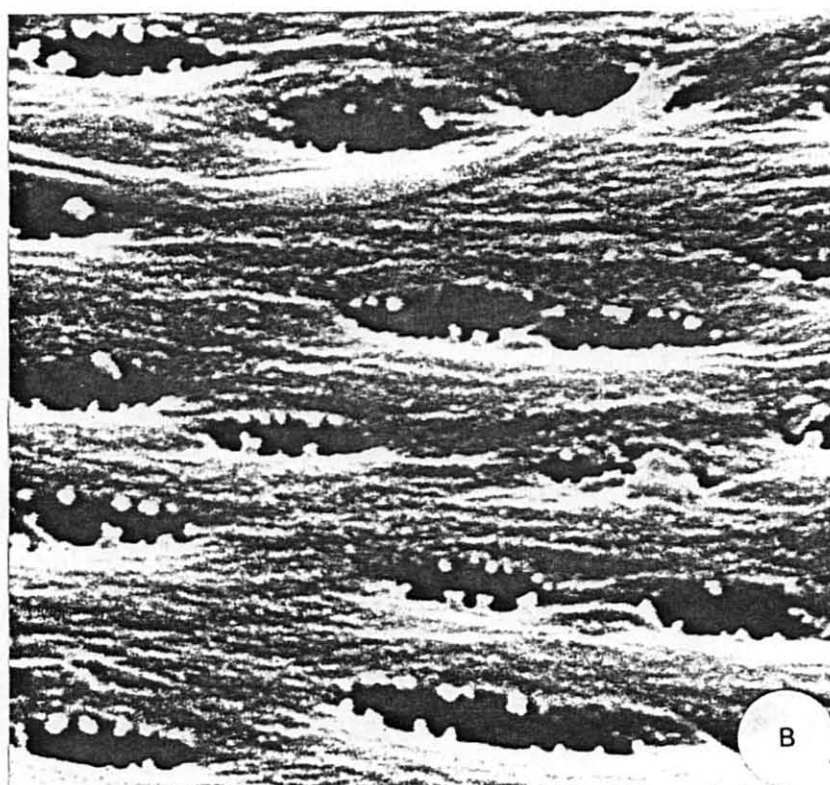
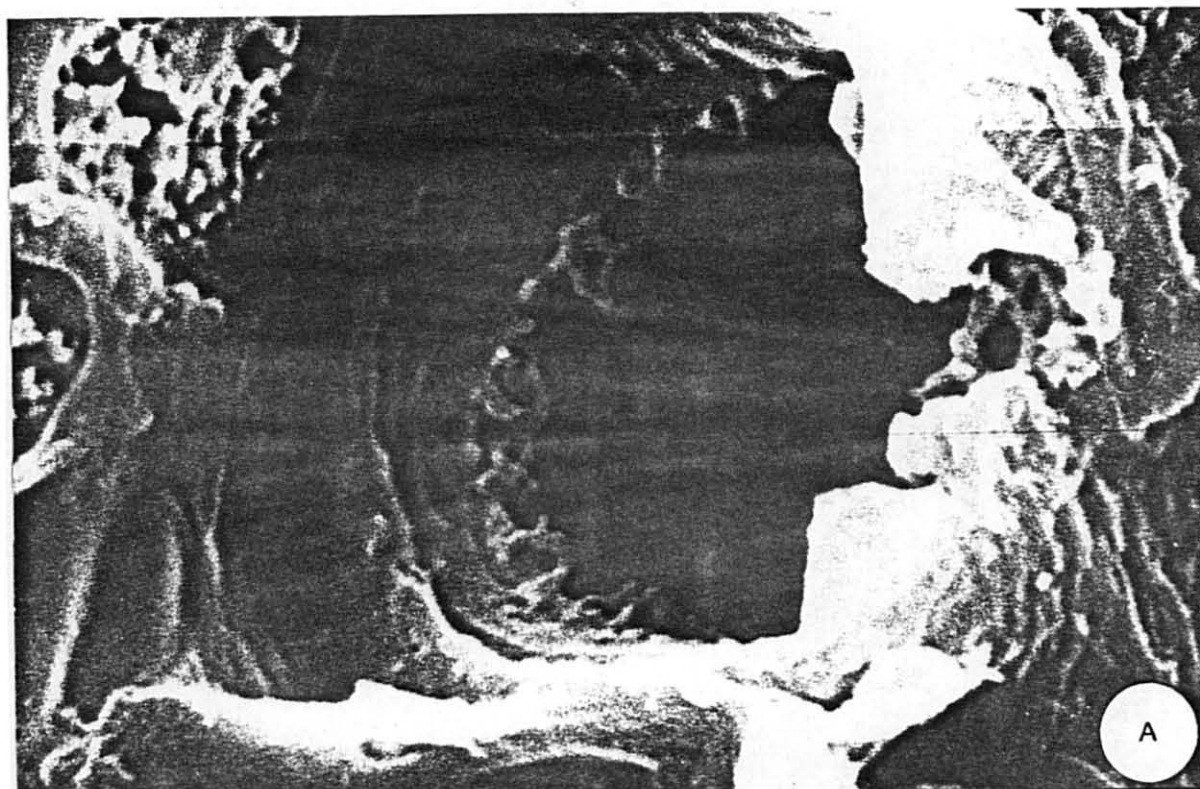
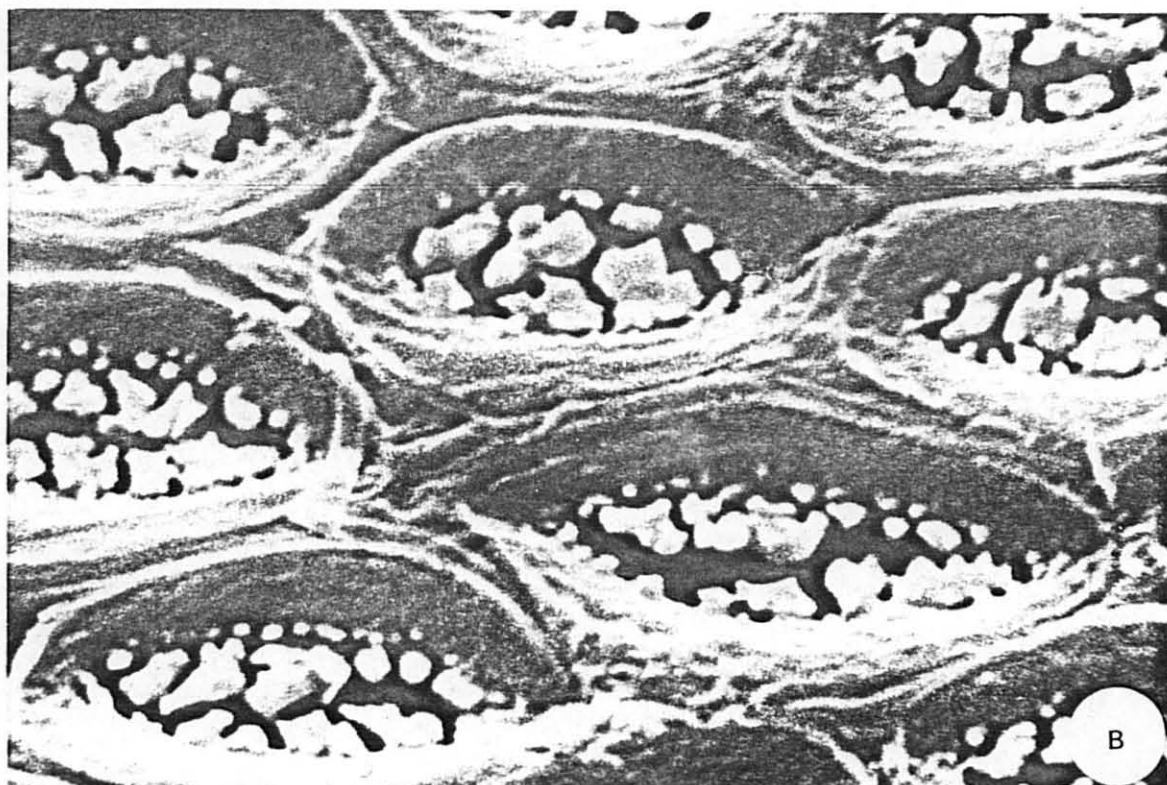
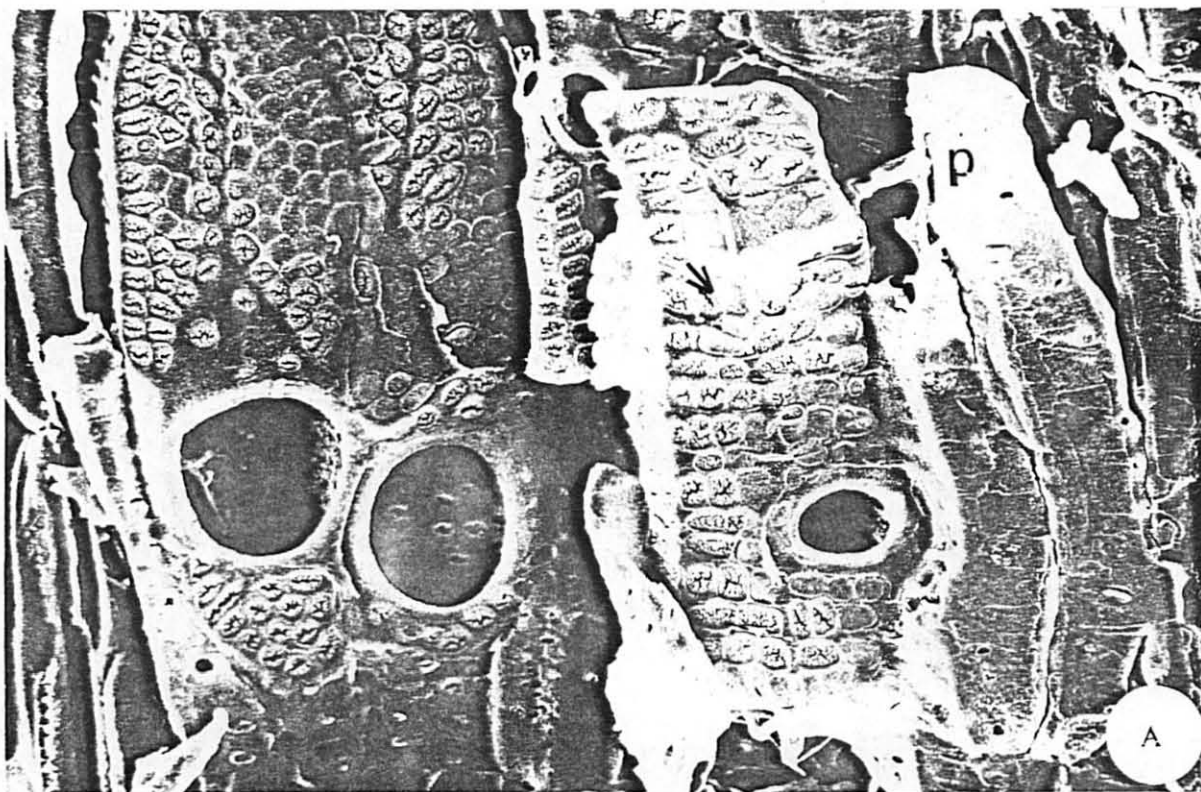


FIGURA 7. *Prosopis vinalillo*

A. Elementos de vasos mostrando pontuações ornamentadas e placas de perfuração simples; a seta indica elemento vascular provavelmente derivado da rediferenciação de células de parênquima axial fusiforme (P). SEM 609 X; B. Câmaras das pontuações intervasculares mostrando ornamentação. SEM 7.500 X



4.1.2 *Prosopis kuntzei* Harms.

Nomes comuns: "itín", "barba de tigre", "palo mataco".

Distribuição geográfica: Estende-se na parte ocidental seca do Parque Chaqueño, sendo rara na parte oriental. Encontra-se em Córdoba, Santiago del Estero, La Rioja, San Juan, Tucumán, Jujuy, Chaco, Formosa e Santa Fé.



DESCRIÇÃO DA MADEIRA

Caracteres gerais: O alburno é de cor creme, contrastando com a cor castanha-violácea do cerne (MUNSELL 2,5 R-6/2); moderadamente dura ao corte; sem brilho; sem odor e gosto característicos; de grã inclinada; figura pouco atraente e de textura fina a média.

Anéis de crescimento: Visíveis sob lente, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras, além de parênquima marginal e porosidade em anel semi-circular.

Vasos: Constituem cerca de 17% do volume da madeira; porosidade em anel semi-circular, evidenciada não tanto por diferenças nos diâmetros dos vasos, mas principalmente pelo acúmulo de vasos de diâmetro maior no início do anel de crescimento. Vasos perceptíveis sob lente de 10 X; linhas vasculares irregulares a tortuosas em corte tangencial; vasos freqüentemente geniculados. Solitários em sua maioria, freqüentemente geminados, pou-

cos múltiplos radiais de 2 - 3 vasos e racemiformes; estes últimos tendem a se concentrar no final do anel de crescimento; de seção circular a oval quando solitários e mais ou menos poligonal nos múltiplos; diâmetro extremamente pequeno a médio (17 - 93 - 212 μm), e de paredes medianamente espessas (1,5 - 5 - 9 μm). Elementos vasculares muitos curtos (39 - 160 - 342 μm); sem apêndices ou com apêndices curtos (3 - 30 - 90 μm), em uma ou ambas extremidades. Parede dos vasos com estriação ornamentada tênue, visível com microscópio eletrônico de varredura. Placas de perfuração simples, de bordos em geral lisos em posição transversal ou, em poros de menor diâmetro, oblíquas; ocasionalmente com bordos involutos com estriação muito tênue e ornamentação. Vasos desprovidos de tilos; com inclusões orgânicas, com aspecto de gomo-resina, muito freqüentes em poros do cerne. Pontuações intervasculares alternas, pequenas (3 - 5 - 6,5 μm), ornamentadas, de forma circular, oval ou levemente poligonal. Abertura das pontuações lenticular, inclusa, mas pode apresentar coalescência em até 4 pontuações. Pontuações raio-vasculares (3 - 4,5 - 6 μm) e parênquimo-vasculares (3-4,5-6) semi-areoladas, semelhantes às intervasculares. Ocasionalmente com curtos segmentos de vaso radial, constituídos por poucas células de raio que se diferenciam em elementos vasculares.

Parênquima axial: Pouco abundante, constituindo cerca de 16% do volume da madeira; invisível a olho nú e visível com dificuldade sob lente de 10 X; predominantemente para-

traqueal dos tipos vasicêntrico, aliforme a aliforme-confluente; também com parênquima apotraqueal marginal escasso, formando uma linha muito estreita no limite do anel de crescimento, além de apotraqueal difuso escasso; séries do parênquima axial com 2 a 4 células (146 - 236 - 298 μm) de altura e 11 - 21 - 35 μm de diâmetro tangencial. Monocristais romboédricos de oxalato de cálcio, em séries cristalíferas, freqüentes em todo o parênquima.

Raios: Constituindo cerca de 17% do volume da madeira; visíveis a olho nú em seção transversal; nítidos sob lente; em plano tangencial invisíveis a olho nú, visíveis com lente de 10 X; não estratificados. Espelhado pouco contrastado. Raios todos homogêneos, a maioria normais, mas às vezes agregados ou fusionados; pouco numerosos (2 - 4 - 6 raios/mm). Raios unisseriados muito raros, extremamente finos a muito finos (6 - 9 - 12 μm) e extremamente baixos (13 - 52 - 70 μm) com 1 - 6 - 8 células de altura. Raios multisseriados em média finos, podendo variar de muito finos até estreitos (32-55-81 μm) e com 2 - 5 - 7 células de largura; extremamente baixos a muito baixos, com 76 - 298 - 600 μm e 8 - 29 - 59 células de altura. Em corte tangencial, algumas células no contorno dos raios são alargados horizontalmente e mais ou menos deformadas. Células de parênquima radial todas do tipo procumbente, ocasionalmente com poucas células transformadas em elementos vasculares em sequência radial, conectando dois vasos axiais; raramente com

monocristais romboédricos de oxalato de cálcio; freqüentemente com inclusões orgânicas com aspecto de gomo-resina.

Fibras: Libriformes, não septadas, freqüentemente gelatinosas, com diminutas pontuações simples; fibras curtas (603 - 1114 - 1553 μm), estreitas (8 - 14 - 22 μm) e de paredes espessas (1 - 3 - 5 μm). Freqüentemente com conteúdo avermelhado, semelhante a gomo-resina. Tecido fibroso predominante, constituindo cerca de 50% do volume da madeira.

Outros caracteres: Canais secretores, tubos laticíferos e taniníferos, floema incluso e máculas medulares ausentes. Não apresenta qualquer estratificação.

FIGURA 8. *Prosopis kuntzei*

A. Seção transversal, 50 X; B. Seção radial, 50 X; C. Seção tangencial, 50 X; D. Curto segmento de vaso radial com conteúdo (seta), parênquima axial com monocristais em câmaras, 200 X; E. Elementos vasculares radiais (seta); conectando dois vasos axiais, 125 X; F. Seção tangencial mostrando vaso geniculado e raios, 125 X.

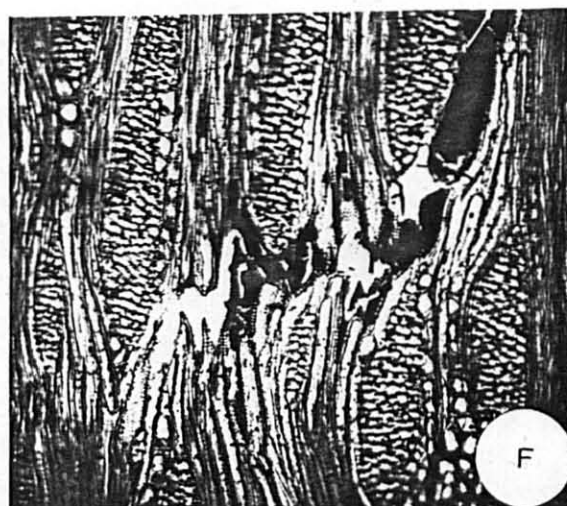
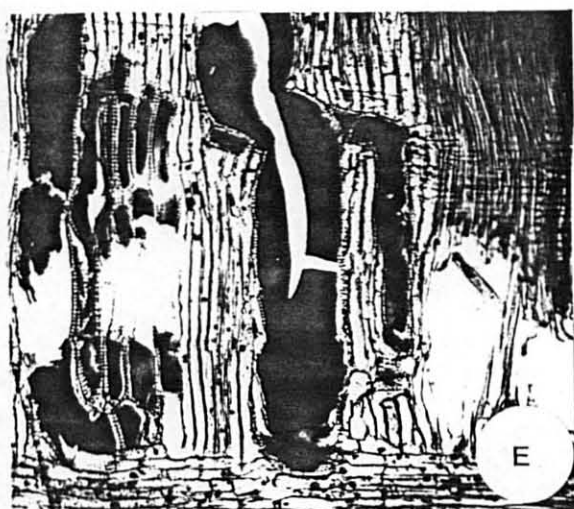
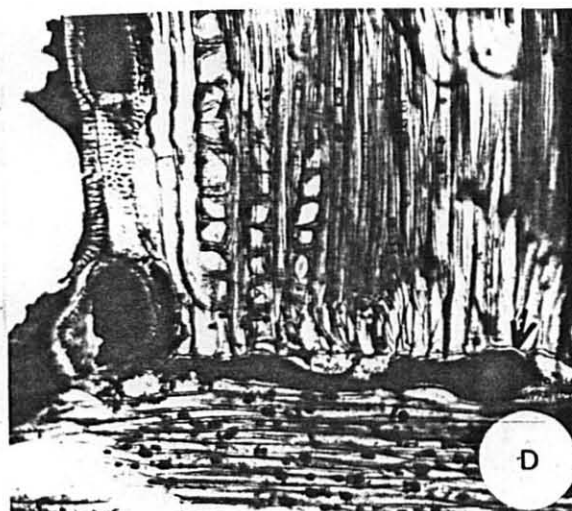
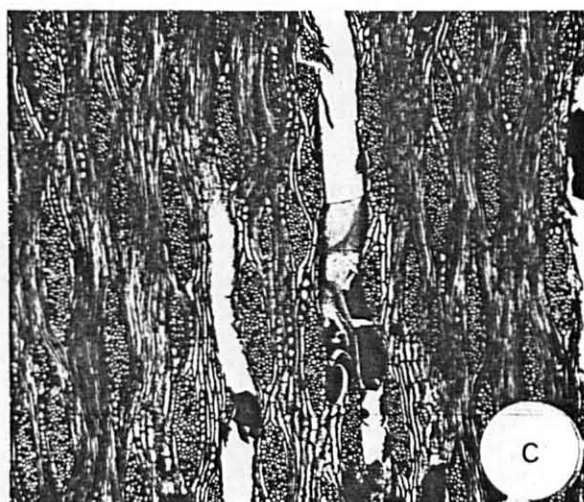
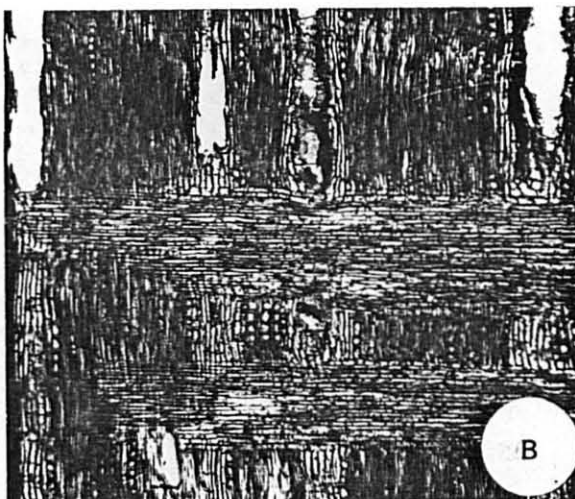
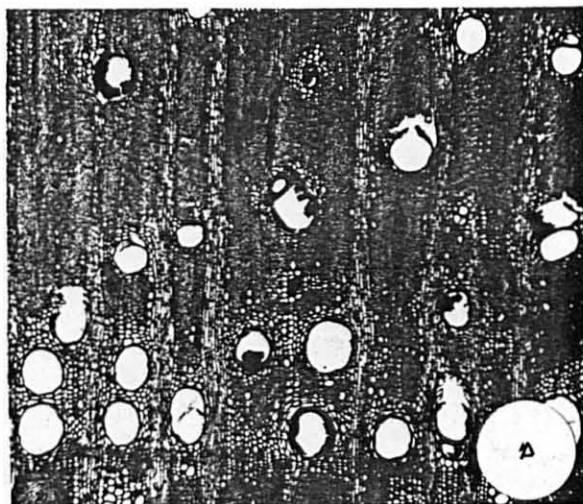


FIGURA 9. *Prosopis kuntzei*

A. Plano radial, mostrando vaso com placa de perfuração simples; parênquima axial (P). SEM 525 X; B. Câmaras de pontuações intervasculares com ornamentação. SEM 7.500 X; C. Parede interna de elementos de vasos, mostrando bordo da placa de perfuração, abertura de pontuações raio-vasculares e estriações ornamentadas SEM 2.330 X.

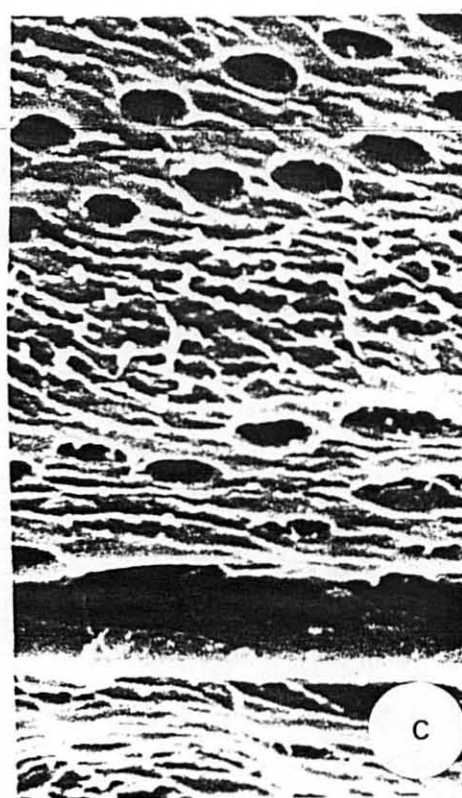
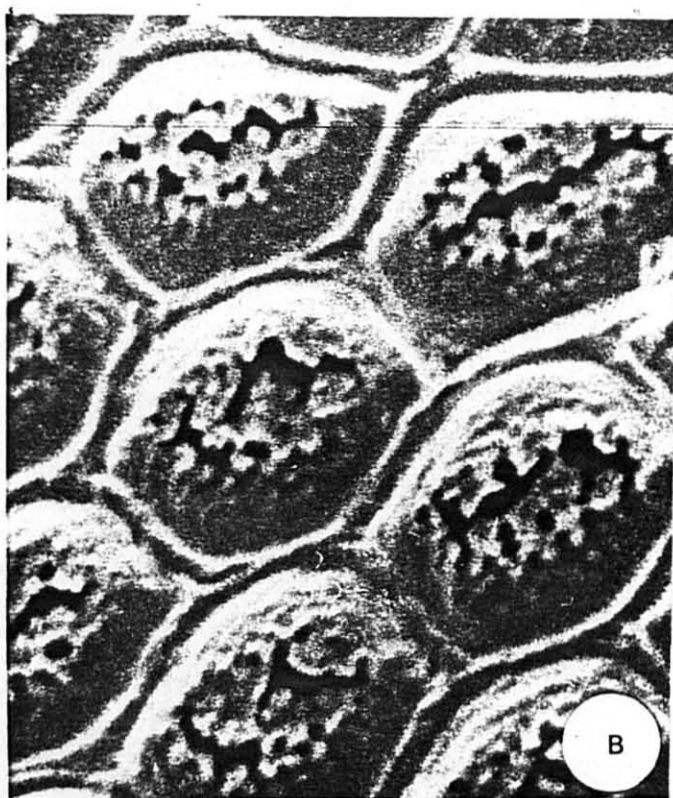
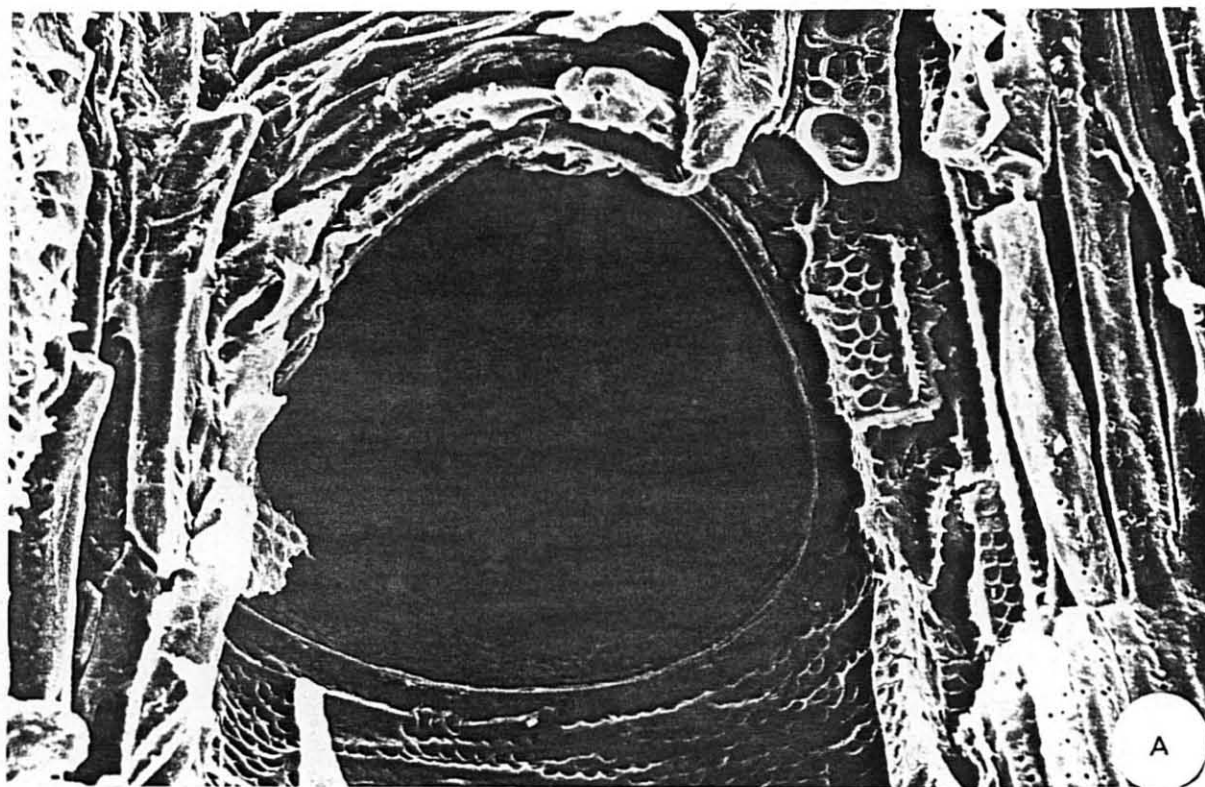
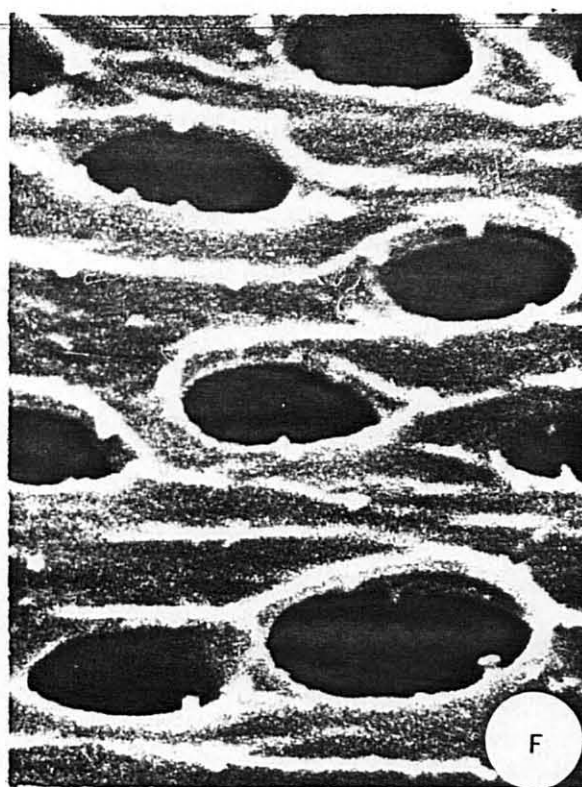
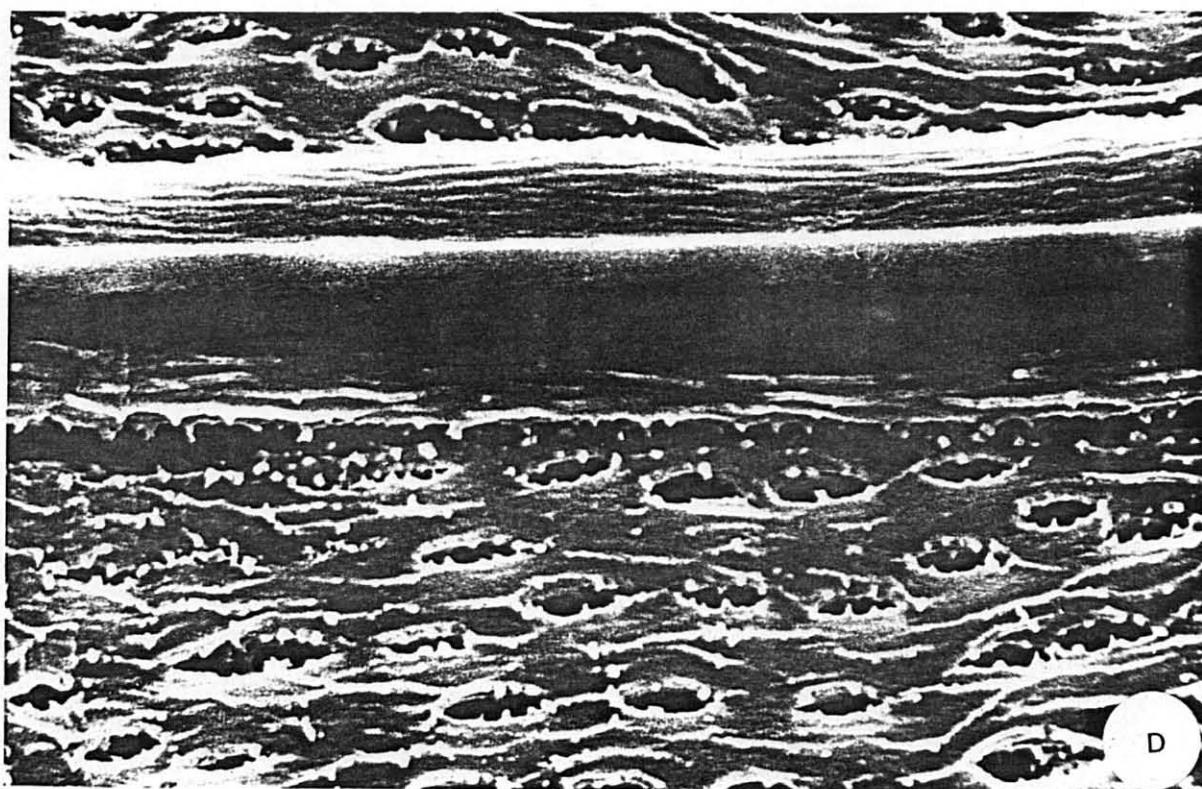


FIGURA 10. *Prosopis kuntzei*

D. Parede interna de vaso, mostrando abertura de pontuações, intervasculares e estriações ornamentadas, além de placa de perfuração simples com bordo involuto com estriações muito tênues e ornamentação. SEM 3.150 X; B. Abertura de pontuação intervascular (seta) e estriação densamente ornamentadas na parede interna de vaso. SEM 7.500 X; F. Abertura de pontuações raio-vasculares e estriação escassamente ornamentadas na parede interna de vaso SEM 5.300 X.



4.1.3 *Prosopis alba* Gris.

Nomes comuns: "algarrobo blanco;
"yana-tucu", "ibopepará", "ibopé".

Distribuição geográfica: Sua área de distribuição é muito ampla, estendendo-se nas formações Tucumano-boliviana e Parque Chaqueño, Parque Pampeano-puntano até o norte do Monte Ocidental. Encontra-se nos estados de Córdoba, San Luis, Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy e Tucumán.



DESCRIÇÃO DA MADEIRA

Caracteres gerais: Alborno creme e cerne de cor castanha

(MUNSELL 5 YR, 6/4); macia ao corte; sem brilho, sem odor ou gosto característicos, textura fina a média, grã inclinada e figura pronunciada.

Anéis de crescimento: visíveis; limite dos anéis de crescimento evidenciado pela formação de uma faixa contínua de parênquima axial marginal e pela maior concentração de poros de maior diâmetro.

Vasos: Constituem cerca de 12% do volume da madeira; porosidade em anel semi-circular, evidenciada não tanto pela diferença de diâmetro, mas pelo acúmulo de vasos de diâmetro maior, no início do anel de crescimento; visíveis a olho nũ; numerosos (1 - 6 - 20 vasos/mm²); solitários, múltiplos radiais (2 a 3) e múltiplos racemiformes

de poros pequenos; diâmetro tangencial extremamente pequeno a grande (11 - 120 - 286 μm); de paredes medianamente espessas (2 - 5 - 11 μm); de seção circular a oval. Linhas vasculares mais ou menos retilíneas a irregularmente oblíquas, freqüentemente apresentando vasos geniculados, nos quais os elementos vasculares parecem ser derivados da rediferenciação de células de parênquima axial. Ocasionalmente com conteúdo semelhante a gomo-resina principalmente em vasos do cerne. Apêndices ausentes ou presentes em uma ou ambas extremidades, curtos (12 - 30 - 69 μm). Placa de perfuração simples, em plano aproximadamente transversal nos vasos de maior diâmetro, mais inclinada em elementos de menor diâmetro. Paredes dos vasos com estriações ornamentadas tênues, visíveis com microscópio eletrônico de varredura. Vasos disprovidos de títulos. Células perfuradas de raio ocasionalmente presentes. Pontuações intervasculares alternas, de diâmetro pequeno (3 - 7 - 9 μm), ornamentadas, de forma oval, circular e freqüentemente poligonal devido à proximidade umas das outras. Abertura lenticular, inclusa, mas freqüentemente coalescente até 4 pontuações. Pontuações raio-vasculares (3 - 5 - 8 μm) e parênquimo-vasculares (3 - 5 - 8 μm) semi-areoladas, ornamentadas, semelhantes às pontuações intervasculares.

Parênquima axial: Abundante, constituindo até 45% do volume da madeira; visível a olho nú, tipicamente paratraqueal, confluyente em largas faixas irregulares de até cerca de 30 células de espessura. No meio das fibras se en-

contra também parênquima apotraqueal difuso, além de faixas contínuas de parênquima apotraqueal terminal, que em parte se confundem com as faixas de parênquima paratraqueal, delimitando os anéis de crescimento. Células do parênquima de 2 tipos: fusiformes, com 131 - 206 - 275 μm de altura, e parênquima seriado, com séries de 2 - 4 células e 170 - 243 - 295 μm de altura e de 11 - 27 - 38 μm de diâmetro. Monocristais romboédricos de oxalato de cálcio de diferentes tamanhos presentes em muitas células parenquimáticas. As células de parênquima apotraqueal marginal subdividem-se muito e produzem fileiras axiais de minúsculos monocristais em câmaras, muito menores que os cristais produzidos no parênquima axial no resto do anel.

Raios: Constituem cerca de 13% do volume da madeira. Em corte transversal, visíveis a olho nú com dificuldade e visíveis sob lente de 10 X; em plano tangencial, invisíveis a olho nú, pouco perceptíveis sob lente; não estratificados. Espelhado dos raios muito pouco contrastado. Raios homogêneos, todos normais, pouco frequentes a pouco numerosos (2 - 5 - 8 raios/mm). Raios unisseriados escassos (8% do total), de extremamente finos a muito finos (9 - 14 - 21 μm) e extremamente baixos (14 - 65 - 155 μm), com 1 - 6 - 13 células de altura. Os raios multisseriados variam de extremamente baixos a baixos (34 - 346 - 632 μm) e de 7 - 34 - 72 células de altura. São extremamente finos a estreitos (22 - 47 - 73 μm) com 2 - 4 - 6 células de largura.

Ocasionalmente, em certas células procumbentes observam-se pequenos monocristais de oxalato de cálcio. Células perfuradas de raio ocasionalmente presentes.

Fibras: Tecido fibroso pouco abundante, constituindo cerca de 30% do volume da madeira, arranjado em faixas tangenciais irregulares. Fibras libriformes, não septadas, frequentemente gelatinosas; extremamente curtas a curtas (535 - 1074 - 1551 μm), estreitas, com diâmetro tangencial de 10 - 13 - 18 μm ; lúmen com 5-8-13 μm de diâmetro de paredes muito espessas (1,5 - 2,5 - 4,5 μm).

Outros caracteres: Canais intercelulares, tubos laticíferos, taniníferos e liber incluso ausentes. Máculas medulares muito pequenas ocasionalmente presentes.

FIGURA 11. *Prosopis alba*

A. Seção transversal, 50 X; B. Seção radial, 50 X.; C. Seção tangencial, 50 X. D. Seção radial, mostrando vasos normais de diâmetro maior e vasos de diâmetro menor (seta), cujos elementos parecem ser derivados da rediferenciação de células do parênquima axial, 50 X.; E. Seção tangencial, vaso geniculado com conteúdo e raios, 200 X.; F. Seção tangencial, mostrando raios multisseriados, parênquima axial e raio unisseriado com uma célula perfurada de raio com conteúdo (seta), 200 X.

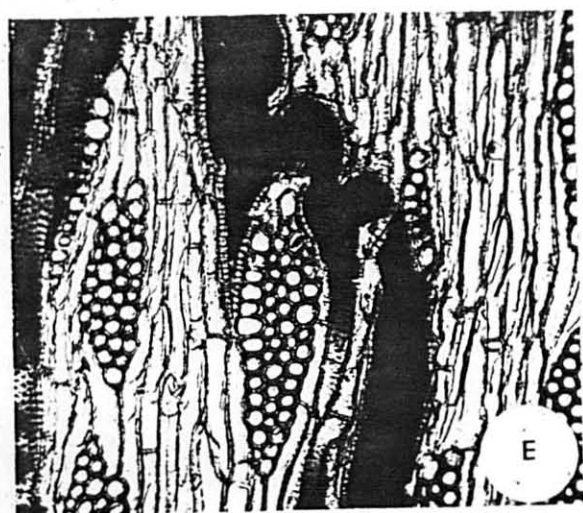
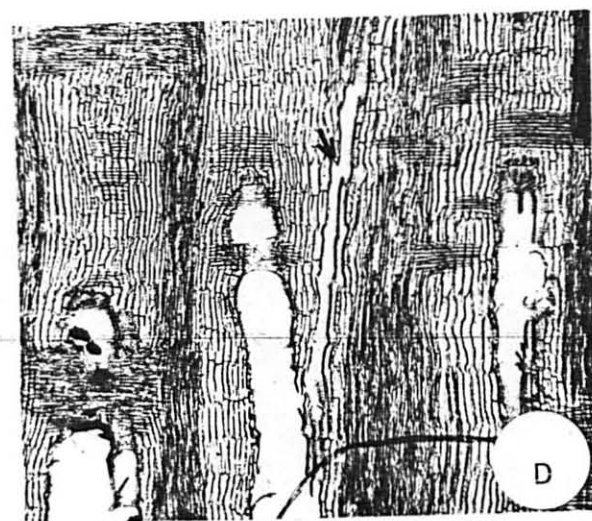
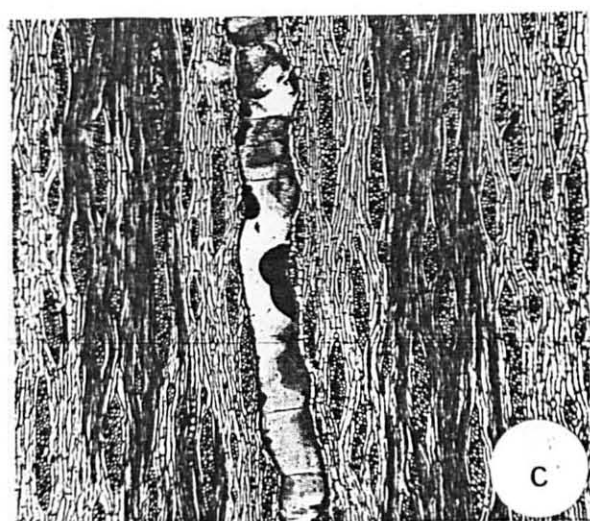
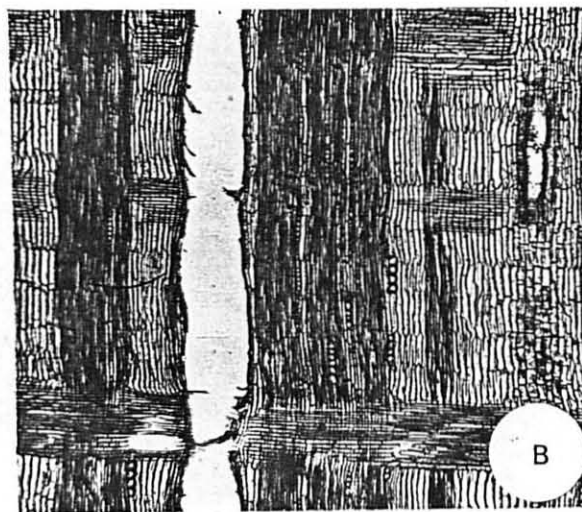
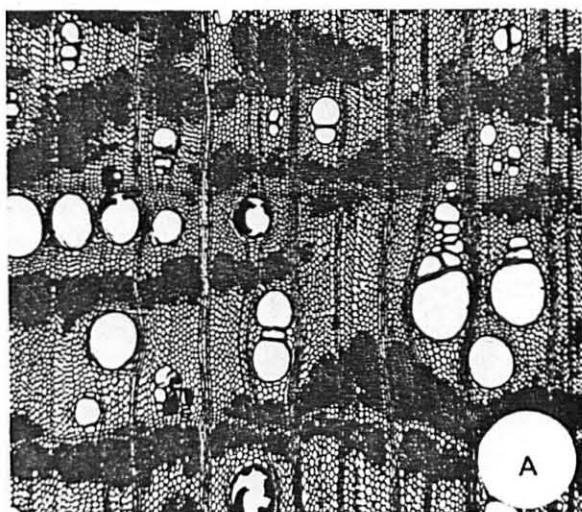


FIGURA 12. *Prosopis alba*

A. Plano radial, mostrando vasos com placas de perfuração simples; no centro e no alto à esquerda, vasos do lenho inicial; à direita, vasos do lenho tardio. SEM 165 X; B. Câmaras de pontuações intervasculares com ornamentação. SEM 5.700 X.

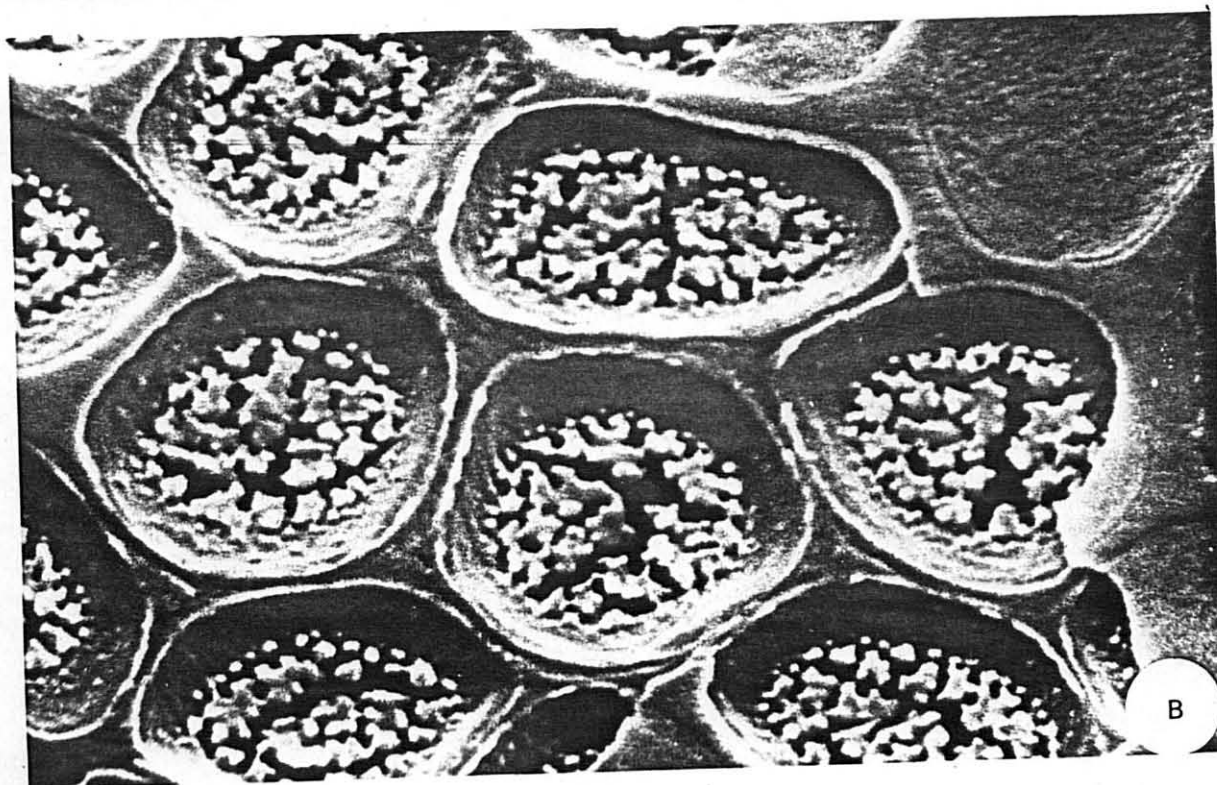
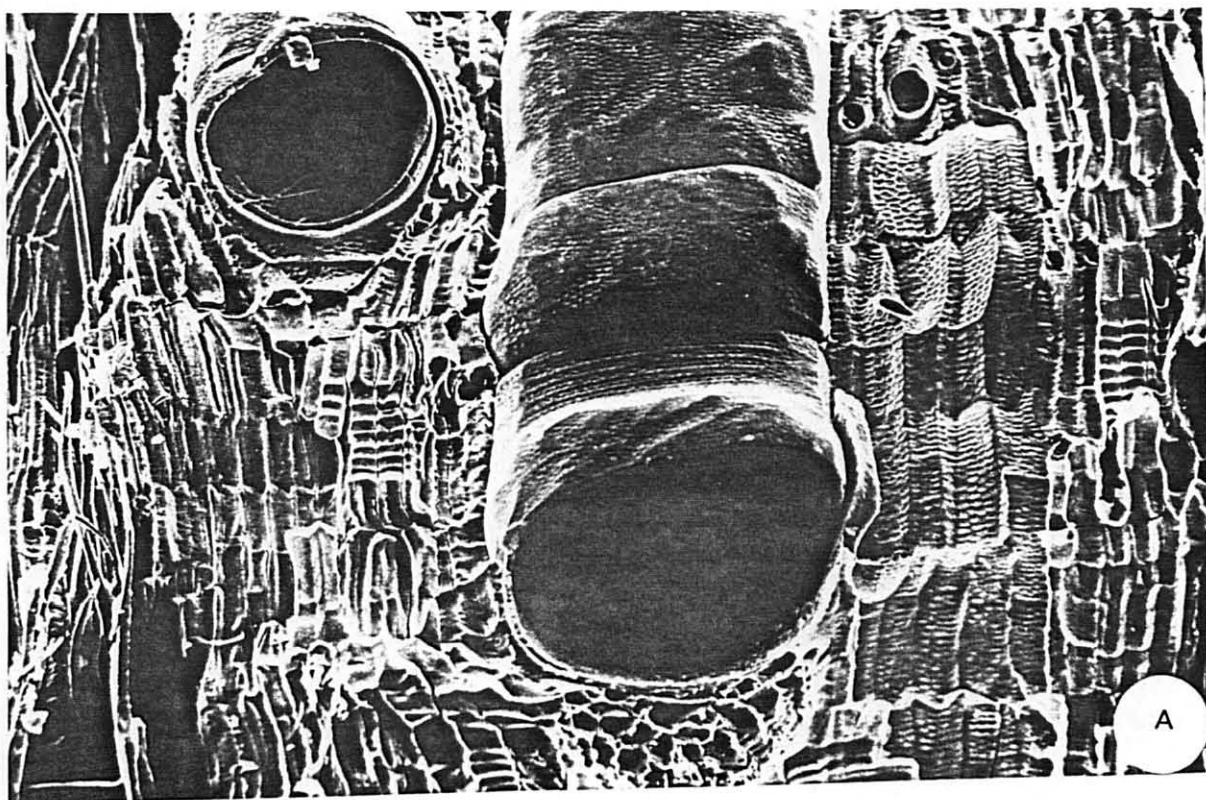
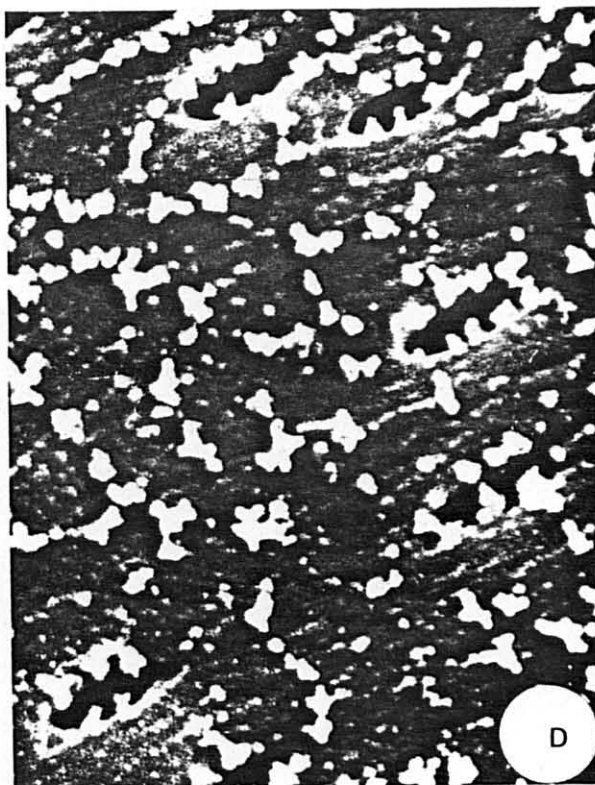
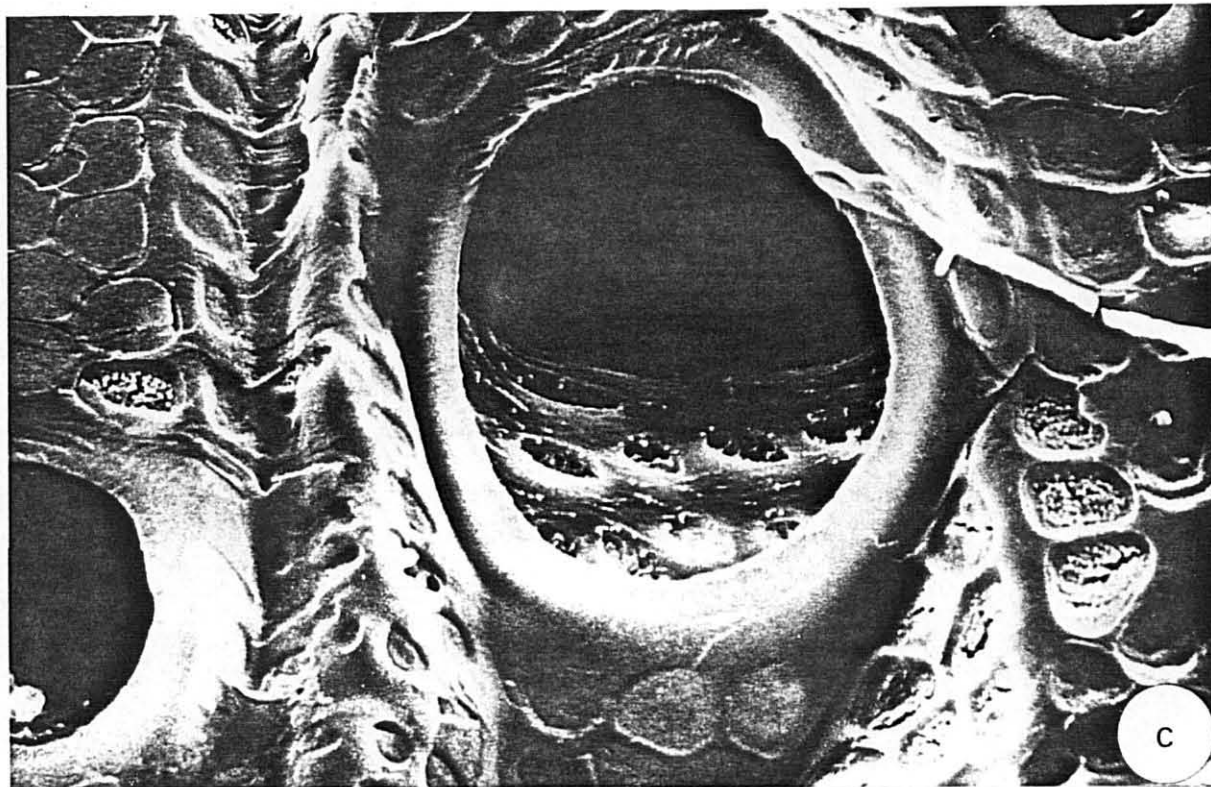


FIGURA 13. *Prosopis alba*

C. Detalhe de vaso do lenho tardio, mostrando placa de perfuração simples e parede interna com pontuações e estriações ornamentadas. SEM 1.875 X; D-E. Parede interna de vasos, mostrando abertura de pontuações e estriações ornamentadas. SEM 3.750 X



4.1.4 *Prosopis ruscifolia* Gris.

Nome comum: "vinal", "visnal".

Distribuição geográfica: Parte Norte Central da Argentina, nas províncias de Formosa, Chaco, Salta, Tucumán, Santiago del Estero e Santa Fé. Encontra-se na zona ocidental seca do Parque Chaquenho, onde o fator limitante da vegetação para outras espécies é precisamente o déficit de água.



Observam-se exemplares isolados na zona oriental úmida do Parque Chaquenho, em Resistência onde, devido às condições do meio mais favoráveis, crescem mais rapidamente, apresentando, portanto, grande importância econômica.

DESCRIÇÃO DA MADEIRA

Caracteres gerais: Alborno de cor creme, muito estreito; cerne castanho-ocráceo e castanho rosado (MUNSELL 7,4 4R, e 8/4 - 7/4). Madeira sem brilho, macia ao corte, sem odor e gosto característicos; figura pronunciada e interessante pela disposição dos elementos vasculares; textura média e heterogênea; grã inclinada e levemente entrelaçada.

Anéis de crescimento: Distintos, evidenciados pela porosidade em anel semi-circular e pelo parênquima marginal.

Vasos: Constituindo cerca de 12% do volume da madeira, dispostos em porosidade difusa no lenho juvenil, passando gradativamente a uma porosidade em anel semicircular,

evidenciada não tanto por diferenças dos diâmetros mas pelo acúmulo de vasos de diâmetro maior no início do anel de crescimento; vasos invisíveis a olho nũ, visíveis com lente de 10 X. Vasos solitários, elípticos ou arredondados em seção transversal; também em múltiplos radiais e tangenciais de 2 - 3 - 5 poros; mais raramente em agrupamentos racemiformes; de paredes espessas (2 - 5 - 9 μm); com estrias tênues, ornamentadas, visíveis com microscópio eletrônico de varredura. Vasos pequenos a grandes, com um diâmetro tangencial variando de 22 - 99 - 204 μm ; elementos de vasos curtos (26 - 147 - 296 μm); com apêndices em ambas extremidades, em uma sã ou ausentes (3 - 25 - 64 μm); pouco numerosos, variando de 1 - 5 - 19 poros/ mm^2 . Em corte tangencial, linhas vasculares tortuosas, mais ou menos geniculadas, especialmente em vasos de diâmetro menor, onde alguns elementos dos vasos parecem ser derivados da diferenciação de células de parênquima axial. Placas de perfuração simples, ligeiramente inclinadas ou horizontais. Pontuações intervasculares alternas, arredondadas, levemente alargadas horizontalmente, ornamentadas (4 - 5 - 7 μm); aberturas das pontuações inclusas, horizontalmente alargadas e, às vezes, coalescentes. Pontuações parênquimo-vasculares (4 - 5 - 6,5 μm) e raio-vasculares (4 - 5 - 7 μm) semelhantes às intervasculares, dispostas em 1-2 fileiras horizontais. Vasos ocasionalmente obstruídos por depósitos semelhantes a goma, no cerne.

Parênquima axial: Visível a olho nú, representando cerca de 39% do volume da madeira; predominantemente paratraqueal, variando de vascicêntrico a aliforme; aliforme-confluente, até faixas interrompidas, de 4-6 células de espessura; parênquima apotraqueal marginal também presente, em estreitas faixas contínuas no final dos anéis de crescimento, constituído de células poligonais de 14 - 21 - 31 μm de diâmetro de 139 - 170 - 295 μm de altura, freqüentemente cristalíferas. Em seção longitudinal-radial, observa-se uma estratificação bastante evidente, causada pelas fileiras radiais das células parenquimáticas fusiformes e séries de 2-4 células do parênquima axial seriado. Em seção longitudinal-tangencial não se observa estratificação. Freqüentemente as células do parênquima axial se subdividem em uma série vertical de 2-15 células cristalíferas ou cristais em câmaras, cada uma contendo um monocristal romboédrico de oxalato de cálcio.

Raios: Pouco visíveis a olho nú, visíveis sob lente; representando cerca de 10% de volume da madeira; não estratificados; espelhado pouco contrastado; retilíneos, numerosos, de 2 - 5 - 8 raios/mm, irregularmente dispostos; homogêneos, constituídos somente por células procumbentes. Ocasionalmente com células cristalíferas com um monocristal romboédrico de oxalato de cálcio. Raios unisseriados poucos, de 1 - 5 - 7 células e de 17-50-130 μm de altura, muito baixos a medianos, com 36 - 249 - 588 μm e 7 - 30 - 54 células de altura; com 2 - 4 - 6 células e 17 - 44 - 67 μm de largura.

Fibras: Constituem cerca de 39% do volume da madeira; dispostas irregularmente, bastante comprimidas entre si, agrupadas em faixas fibrosas irregulares, de volume mais ou menos igual às faixas parenquimáticas. São libriiformes, de paredes espessas (1 - 3 - 5 μm); com 8 - 13 - 19 μm de diâmetro e comprimento pequeno a médio (594 - 1102 - 1586 μm), com minúsculas pontuações simples. Fibras gelatinosas muito freqüentes.

Outros caracteres: Canais secretores horizontais ou axiais e liber incluso ausentes. Pequenas máculas medulares ocasionalmente presentes.

FIGURA 14. *Prosopis ruscifolia*

A. Seção transversal, 50 X; B. Seção radial, 50 X; C. Seção tangencial, mostrando vasos maiores e vaso geniculado de diâmetro menor (seta), 50 X; D. Seção transversal, mostrando dois vasos geniculados com conteúdo, 125 X; E. Seção tangencial, vaso com pontuações intervasculares e tênue estriação com ornamentações, 500 X; F. Seção radial, mostrando parênquima axial comum e cristalífero, com monocristais de oxalato de cálcio em câmaras, 200 X.

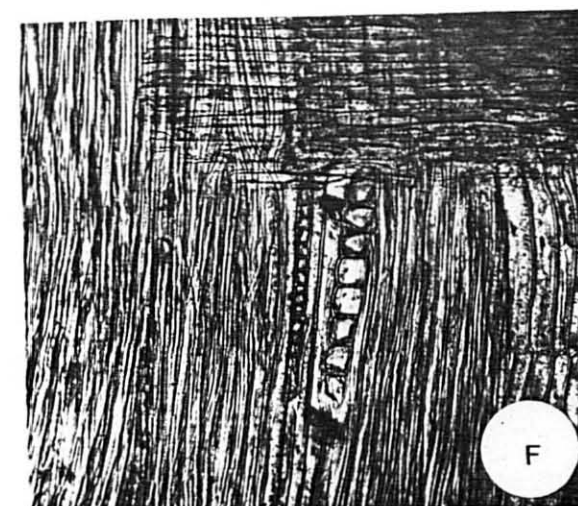
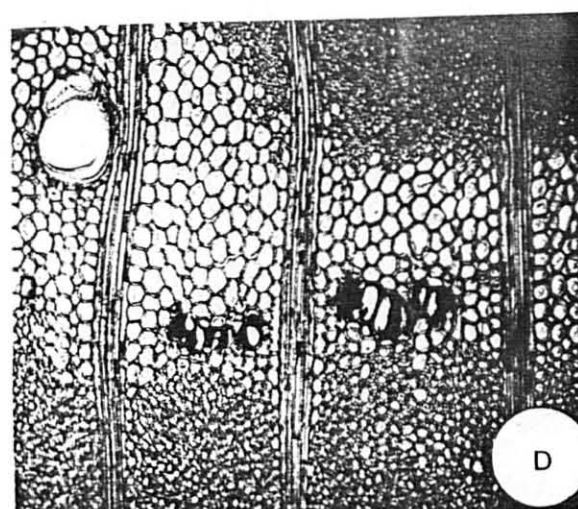
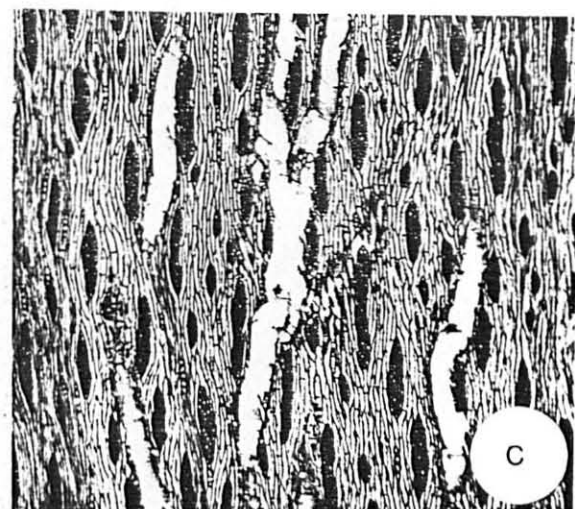
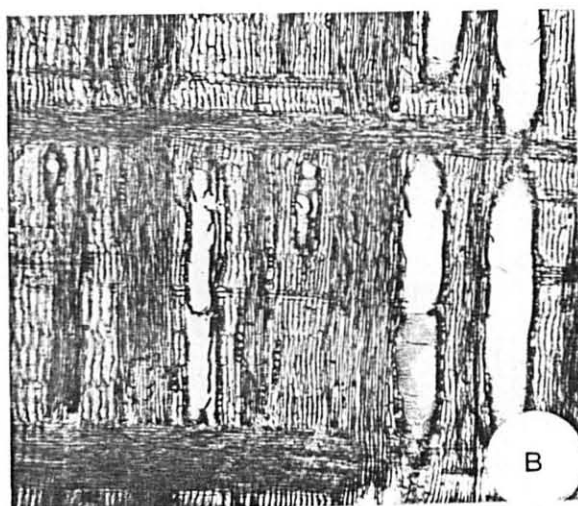
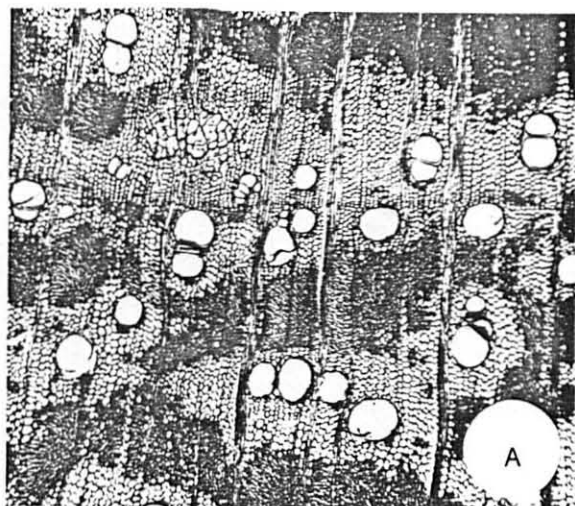


FIGURA 15. *Prosopis ruscifolia*

A. Plano tangencial, mostrando vaso com placas de perfuração simples; pontuações intervasculares e estriações ornamentadas na parede; raio (R) e parênquima axial (P). SEM 636 X;
 B. Câmaras das pontuações intervasculares com ornamentação. SEM 5.790 X;
 C. Parede interna de vaso, mostrando abertura de pontuações parênquima-vasculares. SEM 2.775 X.

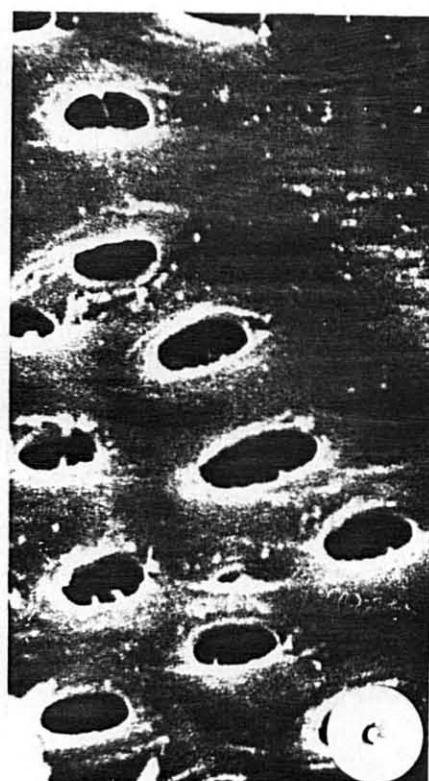
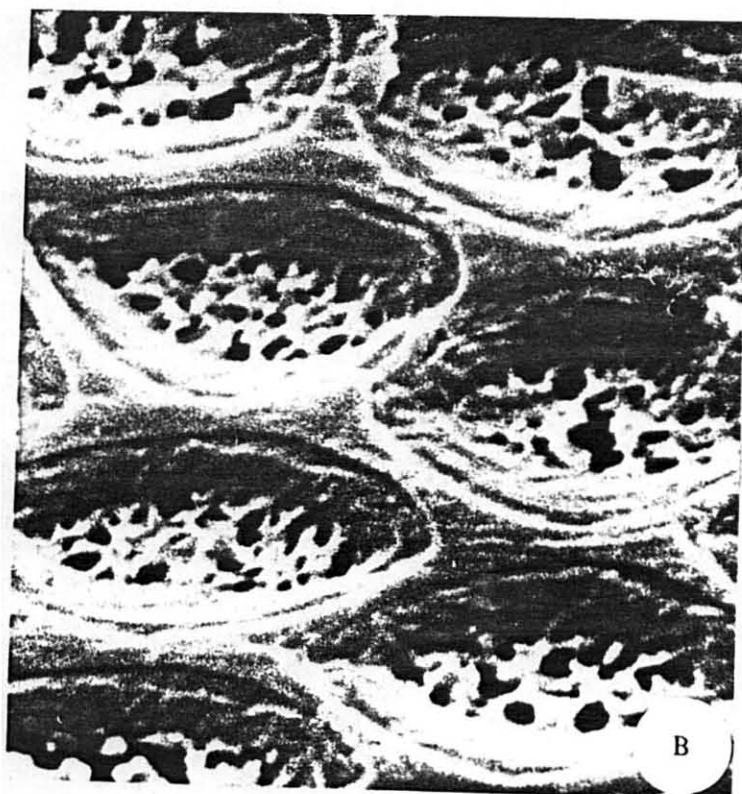
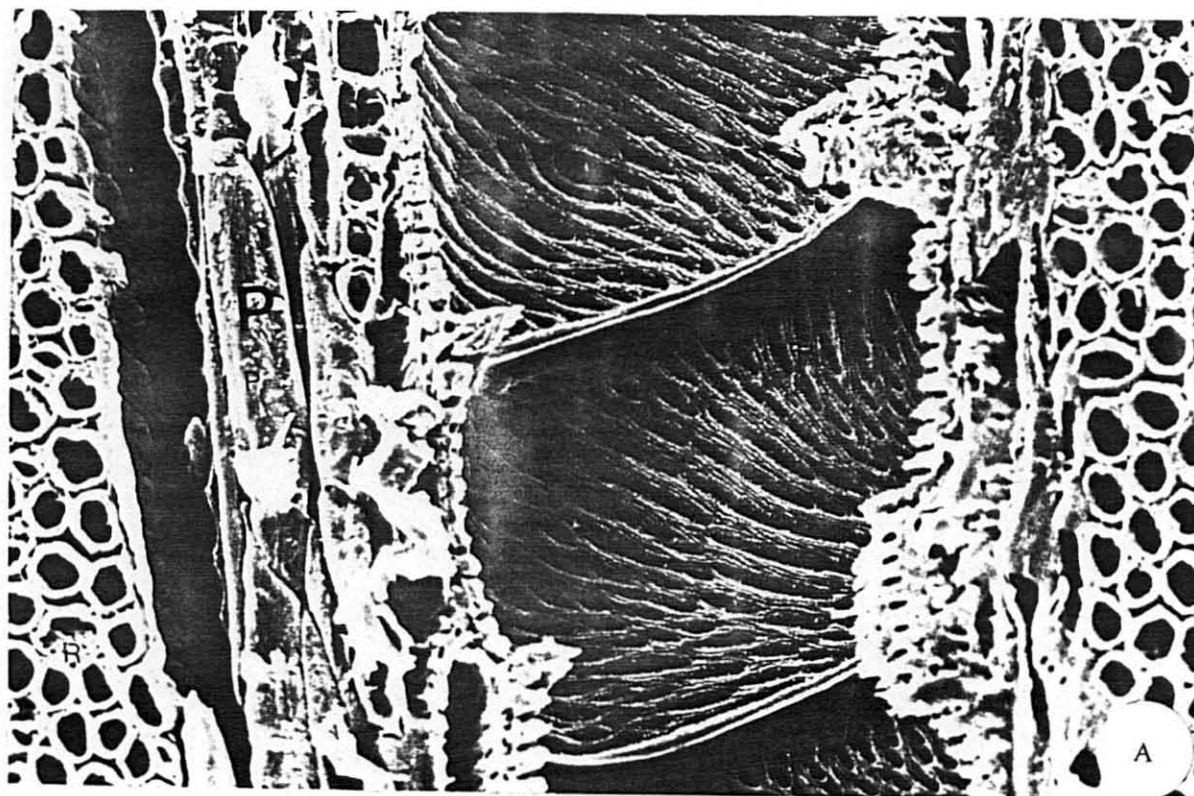
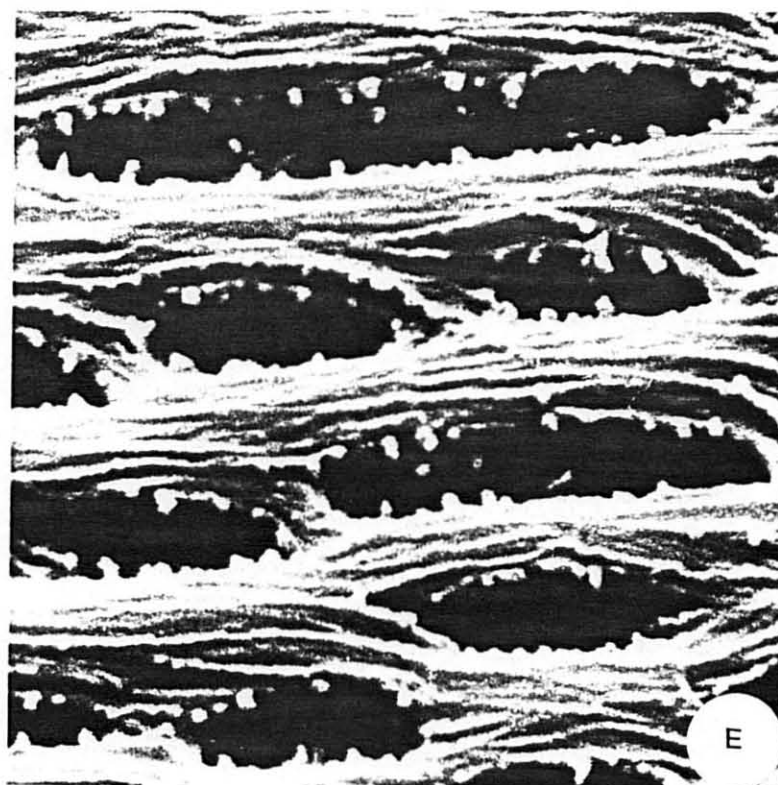
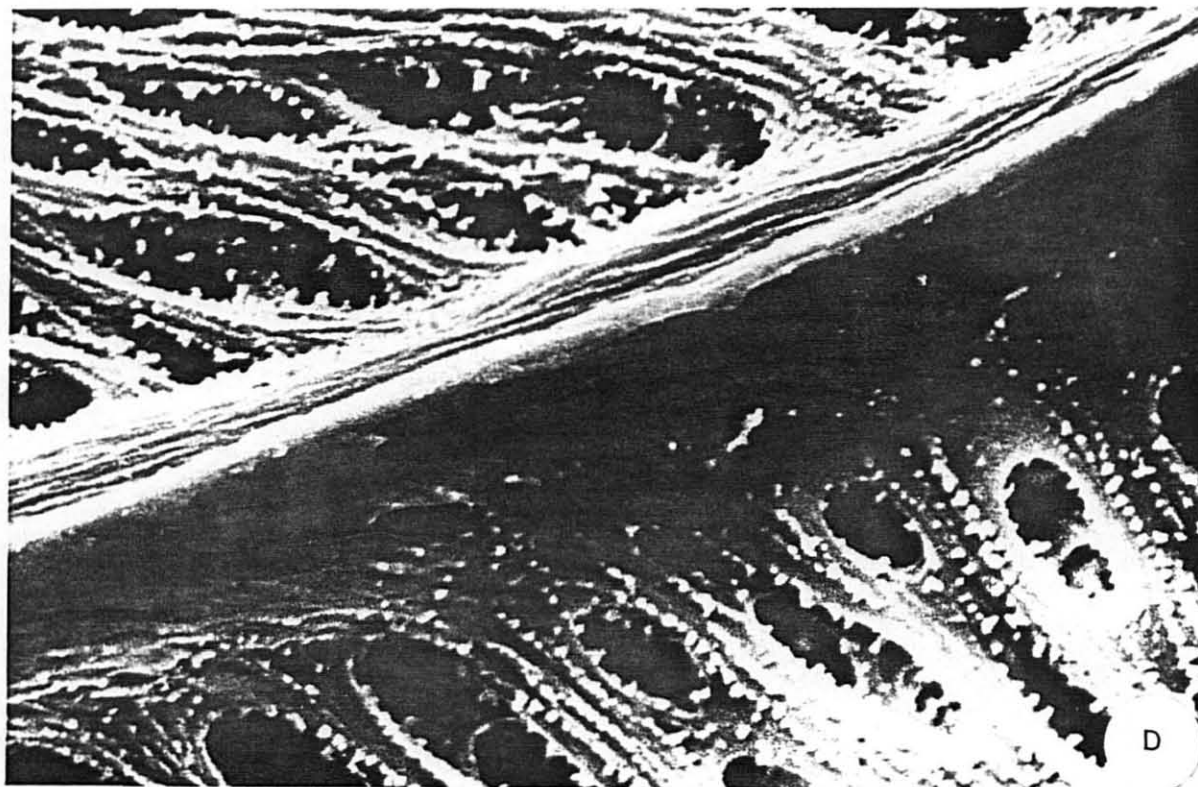


FIGURA 16. *Prosopis ruscifolia*

D. Detalhe da parede do vaso, mostrando bordos da placa de perfuração com estriação tênue e abertura de pontuações e estriações ornamentadas. SEM 3.740 X; E. Detalhe de pontuações e estriações com ornamentação. SEM 5.000 X.



4.1.5 *Prosopis nigra* (Gris) Hieron

Nomes comuns: "algarrobo negro,
"ibopé-hú".

Distribuição geográfica: Sua área de distribuição compreende as partes central e norte da Argentina, as províncias de Santiago del Estero, Córdoba, San Luis, La Pampa, Catamarca, Salta, Jujuy, Chaco, Santa Fé e Formosa.



DESCRIÇÃO DA MADEIRA

Caracteres gerais: Madeira de alburno e cerne distintos, sem brilho, sem odor e gosto característicos; macia ao corte; de cor castanha (MUNSELL 5 YR - 5/4); textura média, grã oblíqua a entrelaçada.

Anéis de crescimento: distintos, evidenciados pelo agrupamento de poros de maior diâmetro, pela redução no diâmetro radial das fibras no término do anel e formação de parênquima marginal inicial.

Vasos: Constituem cerca de 15% do volume da madeira; porosidade difusa tendendo à porosidade em anel semicircular, evidenciada não tanto por diferenças nos diâmetros dos vasos mas principalmente pelo acúmulo de vasos de diâmetro maior no início do anel de crescimento; pouco visíveis a olho nú; visíveis sob lente de 10 X; em corte tangencial, linhas vasculares onduladas, irregulares, com vasos freqüentemente geniculados, ocasionalmente

com células perfuradas de raio. São pouco numerosos a muito numerosos (1 - 4 - 14 poros/mm²); solitários, em múltiplos radiais de 2 a 4 poros e em múltiplos racemiformes de poros pequenos. Diâmetro tangencial pequeno a grande (17 - 150 - 349 µm); de paredes medianamente espessas (3 - 6 - 10 µm). No início do anel se encontram os maiores poros, solitários e geminados, de secção oval até circular. Os agrupamentos racemiformes de poros tendem a se concentrar na porção mediana e terminal dos anéis de crescimento. Os poros menores, que se encontram distribuídos por todo o lenho, são de secção mais ou menos poligonal. Elementos vasculares muito curtos a curtos (37 - 145 - 233 µm), sem ou com apêndices curtos (5 - 30 - 65 µm), em uma ou ambas as extremidades. Paredes com estriações tênues, irregulares, ornamentadas. Placa de perfuração exclusivamente do tipo simples, transversa em elementos vasculares de maior diâmetro, e inclinada até 45° em outros vasos de diâmetro menor. No cerne, os vasos se encontram frequentemente obstruídos por inclusão orgânica de natureza não determinada, mas semelhante a gomo-resina. Pontuações intervasculares alternas, pequenas (3 - 5 - 7 µm), de forma oval, ornamentadas, com aberturas lenticulares, horizontais ou pouco inclinadas, freqüentemente curto-coalescentes até 4 pontuações. Pontuações parênquimo-vasculares (3 - 5 - 7 µm) e raio-vasculares (3 - 4 - 6 µm) alternas, semi-areoladas, semelhantes às pontuações intervasculares.

Parênquima axial: visível a olho nú; constituindo cerca de 35% do volume da madeira; tipicamente paratraqueal, vasicêntrico, aliforme, confluyente; também com parênquima apotraqueal difuso, freqüentemente cristalífero. O início do anel de crescimento é caracterizado por uma faixa contínua de parênquima paratraqueal inicial com vasos de maior diâmetro; às vezes acrescido de escasso parênquima apotraqueal marginal. Parênquima axial constituído por células fusiformes, de 121 - 195 - 268 μm de altura e com 12 - 22 - 31 μm de diâmetro tangencial, ou em séries de 2 - 4 células de 147 - 210 - 287 μm de altura. Células freqüentemente cristalíferas com monocristais romboédricos de oxalato de cálcio em câmaras, formando séries verticais de 2 a 16 câmaras; no parênquima que delimita o anel de crescimento os cristais são menores e as séries contêm maior número de células.

Raios: Constituindo cerca de 12% do volume da madeira: invisíveis a olho nú em secção transversal e visíveis sob lente; em plano tangencial invisíveis a olho nú, pouco perceptíveis sob lente; não estratificados; espelhado muito pouco contrastado. Raios todos homogêneos, normais, pouco numerosos (2 - 3 - 6 raios/mm). Raios unisseriados escassos, extremamente baixos (6-64-139 μm), extremamente finos (8 - 13 - 21 μm) e com 1 - 6 - 13 células de altura. Raios multiseriados com margens unisseriados de uma só célula de altura. Largura de 2 - 4 - 6 células e 23 - 63 - 98 μm , 102 - 389 - 849 μm e 10 - 32 - 60 células de altura. Células de parênquima

radial todas do tipo procumbente, com escassos cristais. Ocasionalmente uma célula radial se diferencia em célula perfurada de raio, conectando dois vasos axiais em lados opostos do raio.

Fibras: Constituindo cerca de 38% do volume da madeira; librifomes, freqüentemente gelatinosas, com diminutas pontuações simples; curtas (629 - 1093 - 1355 μm de comprimento), estreitas (10 - 13 - 19 μm) de paredes espessas (1,3 - 3 - 5 μm).

Outros caracteres: Canais secretores, tubos laticíferos, taníferos, floema incluso não observados. Não apresenta qualquer tipo de estratificação. Máculas medulares pouco freqüentes.

FIGURA 17. *Prosopis nigra*

A. Seção transversal, 50 X; B. Seção radial, 50 X; C. Seção tangencial, 50 X; D. Seção radial, mostrando monocristais de oxalato de cálcio em séries verticais de câmaras cristalíferas no parênquima axial, 200 X; E. Seção transversal, vasos do lenho inicial com conteúdo, 125 X.

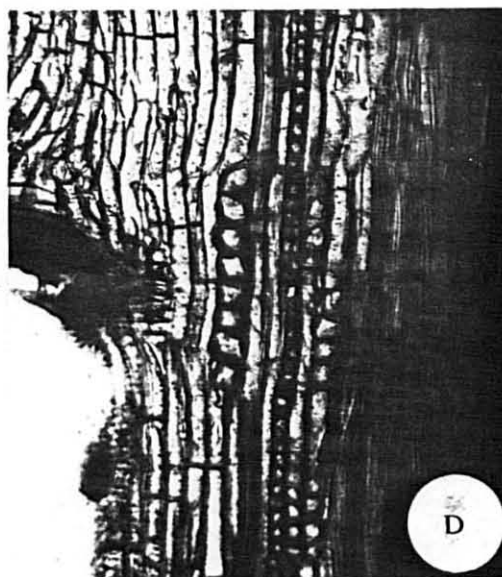
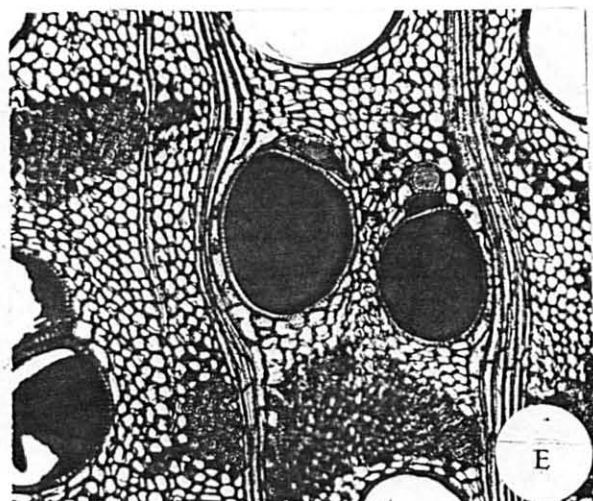
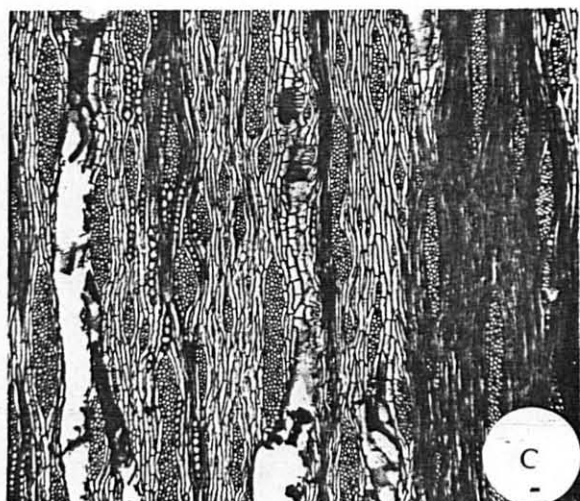
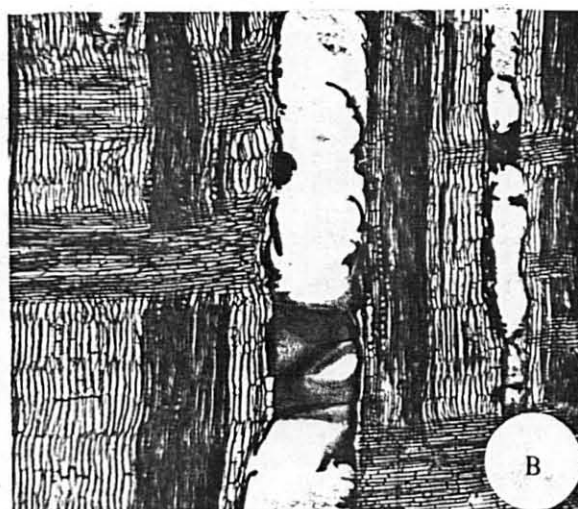
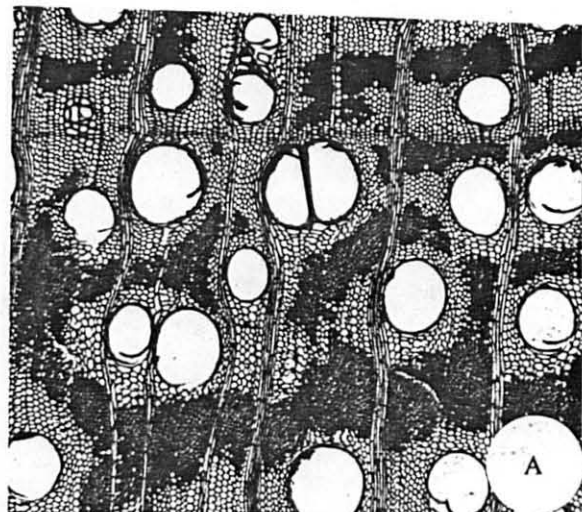


FIGURA 18. *Prosopis nigra*

A. Parede interna de vaso, mostrando abertura de pontuações intervasculares e estriações ornamentadas. SEM 1.200 X; B. Detalhe das pontuações e estriações com ornamentação. SEM 5.000 X; C. Câmaras das pontuações intervasculares com ornamentação. SEM 7.000 X.

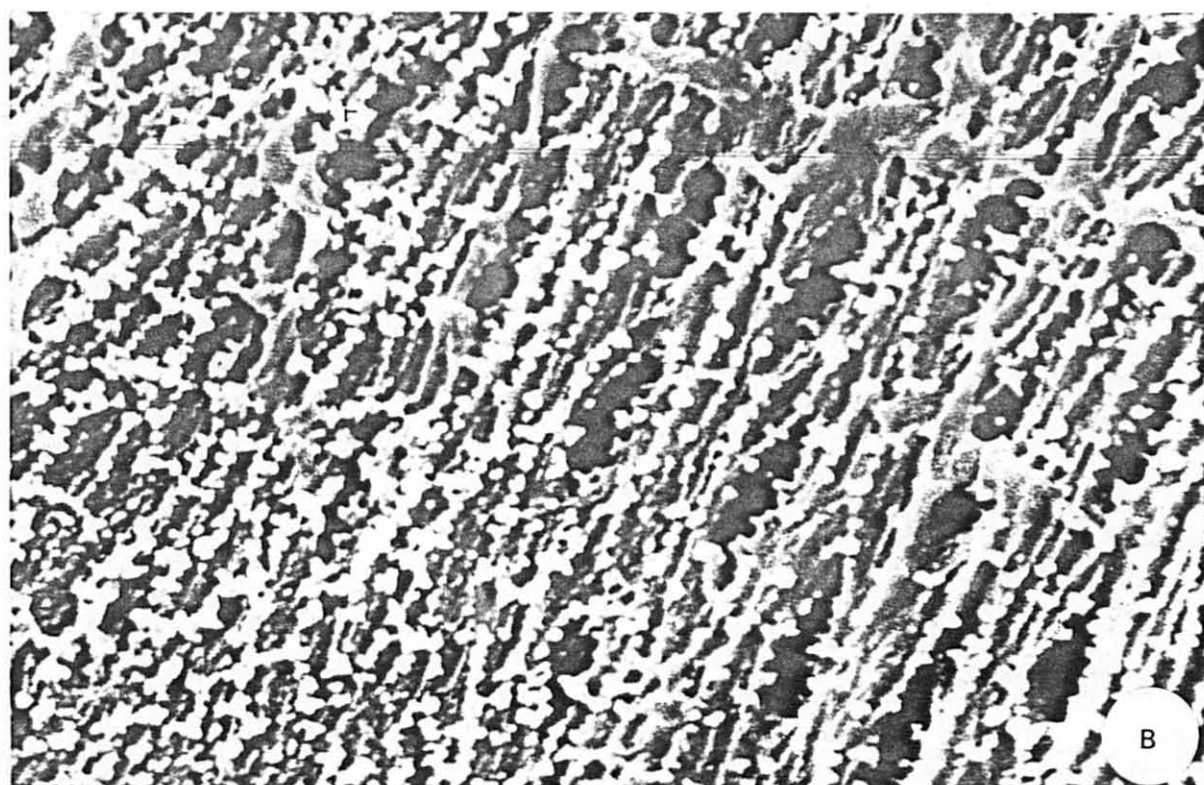
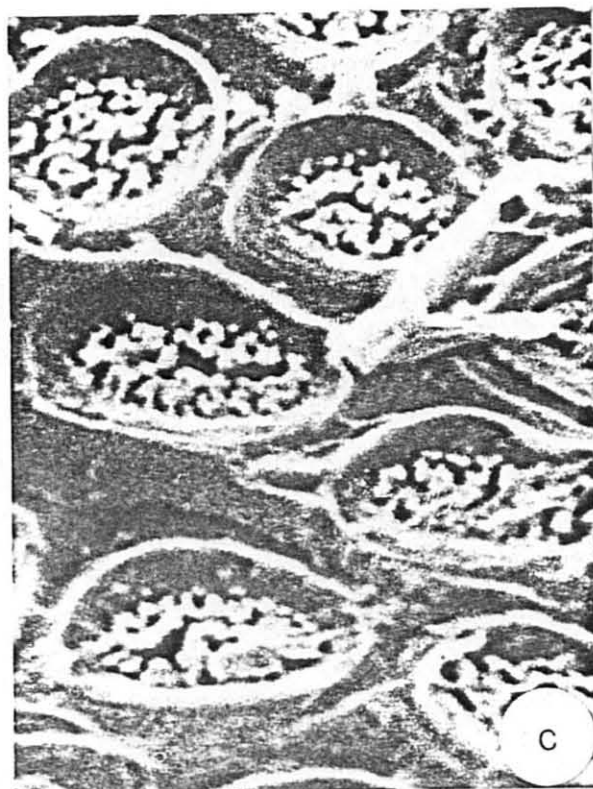
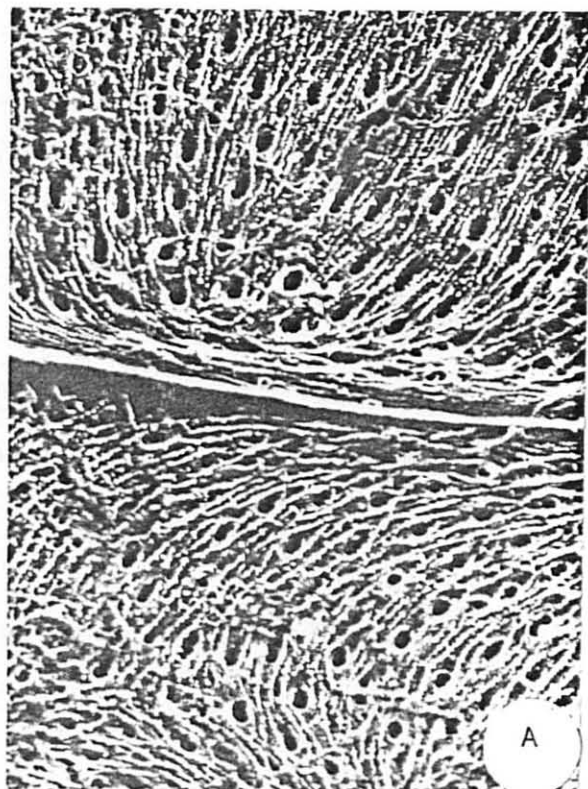


FIGURA 19. *Prosopis nigra*

D. Plano radial, mostrando restos de parede de vaso (V), células de parênquima axial com pontuações parênquimo-vasculares (P) e células de raio (R). SEM 630 X; E. Vaso do lenho tardio, mostrando placa de perfuração simples e câmaras de pontuações com ornamentação. SEM 2.770 X.

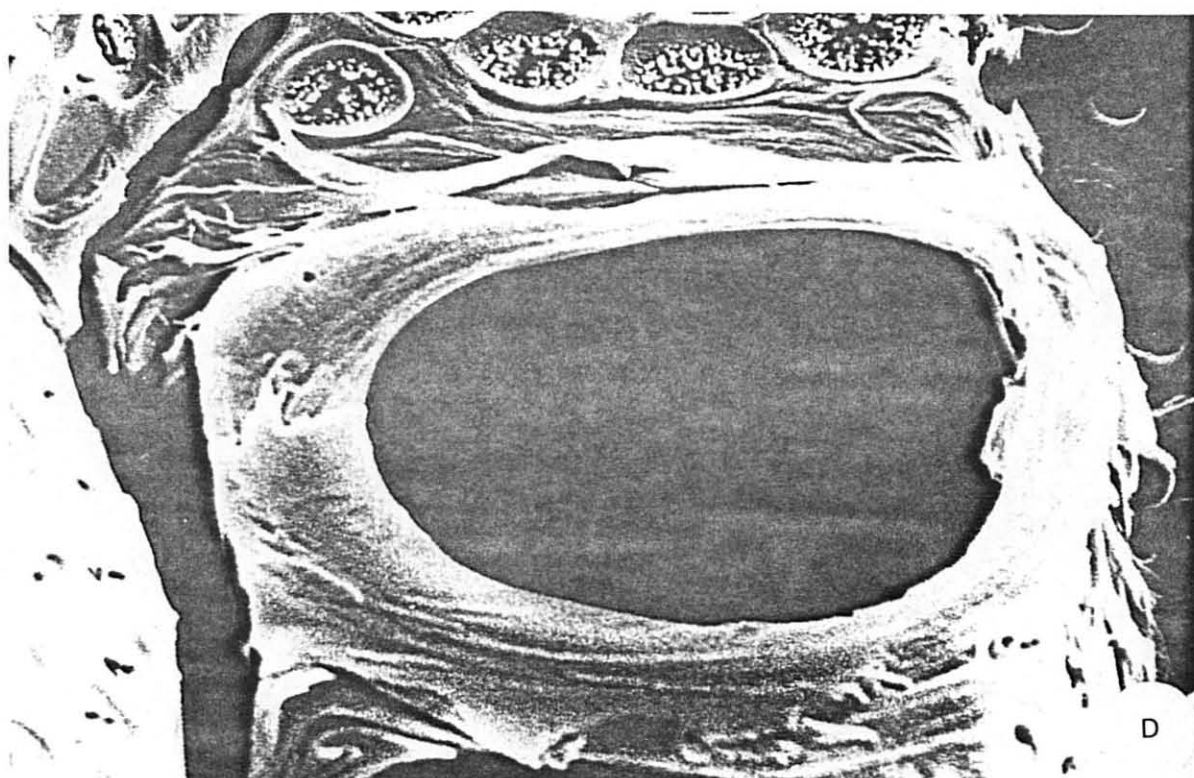
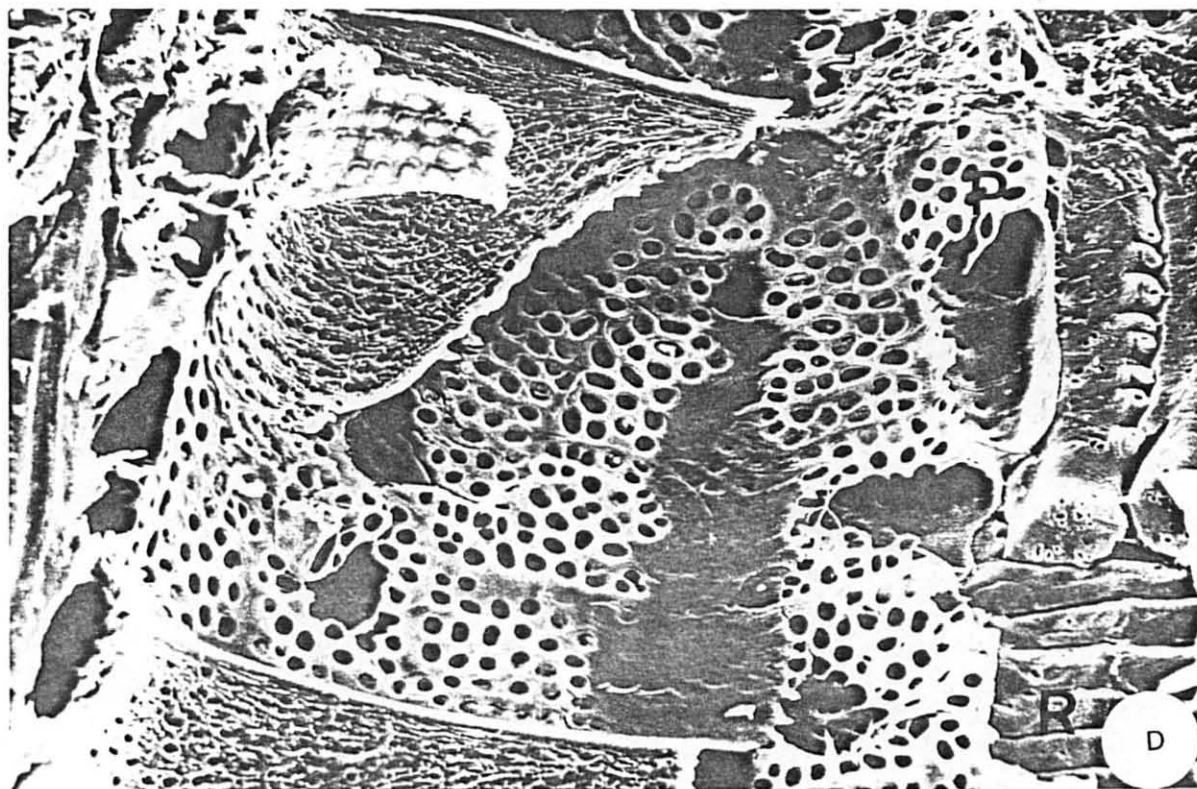
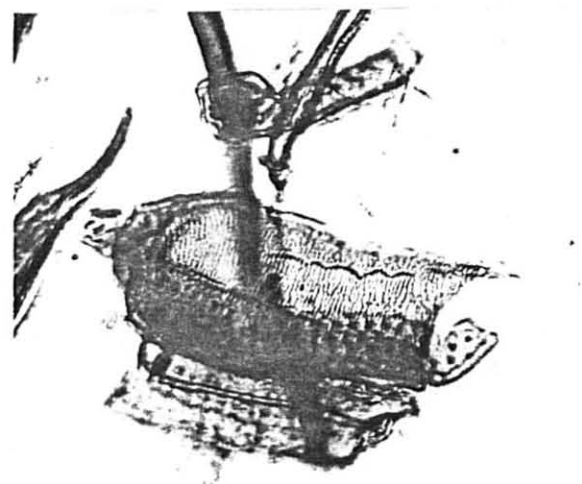
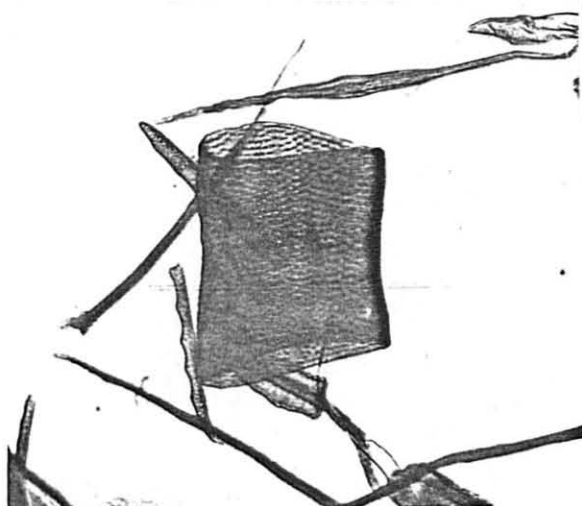
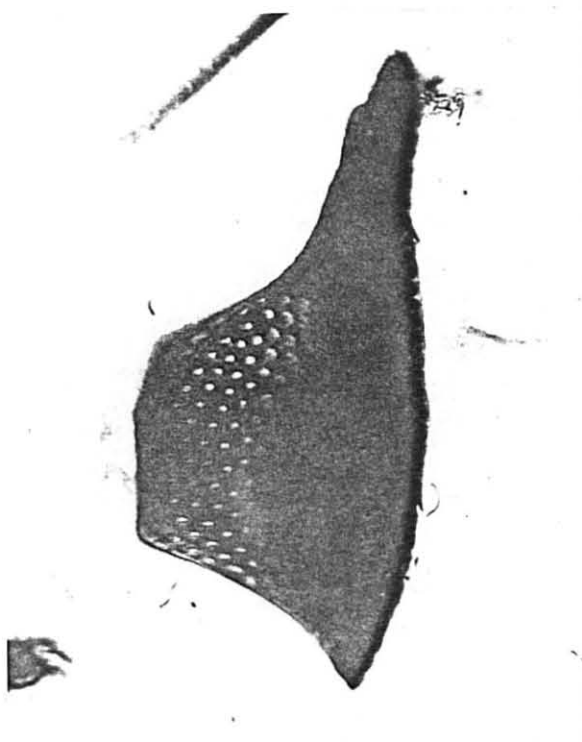
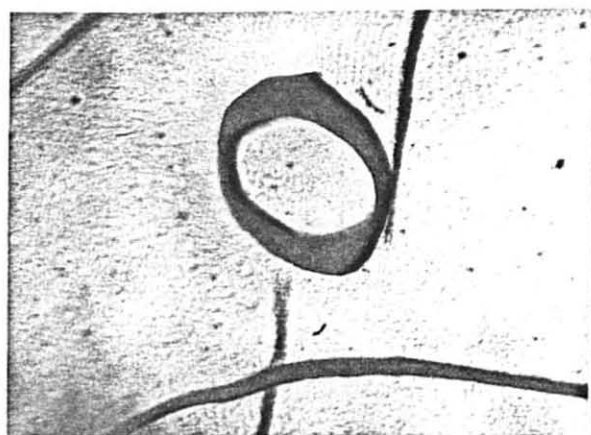
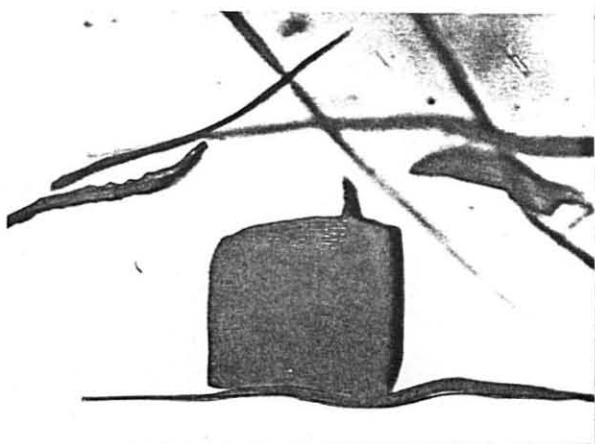


FIGURA 20. VARIABILIDADE DE ELEMENTOS DE VASOS EM *Prosopis*

4.2 CHAVE DICOTÔMICA

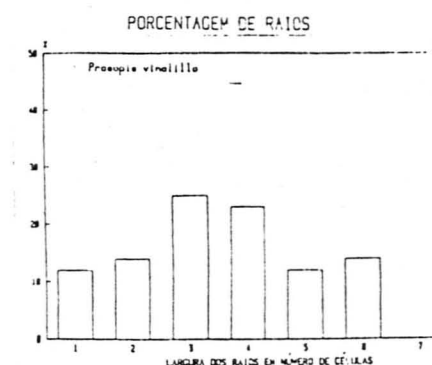
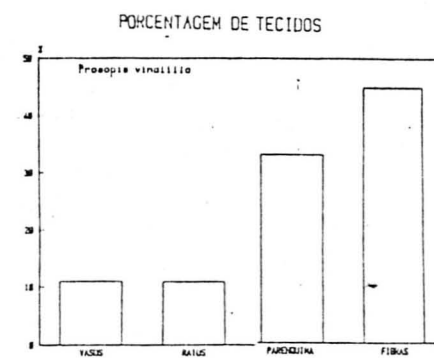
Para a identificação das espécies de *Prosopis* estudadas foi elaborada uma chave dicotômica com base nos seguintes caracteres anatômicos do xiloma: porcentagem relativa de fibras e parênquima axial, largura dos raios em número de células e diâmetro tangencial médio dos vasos.

I. Fibras constituindo de 45 a 50% da madeira:

- A. Raios predominantemente de 3-4 células de largura. Raios unisseriados frequentes *Prosopis vinalillo*

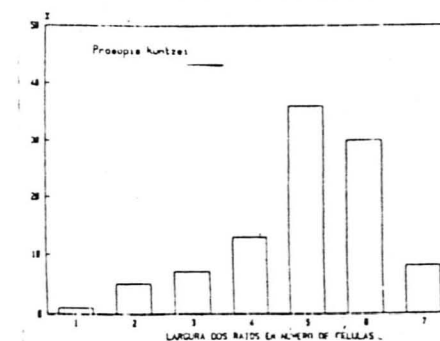
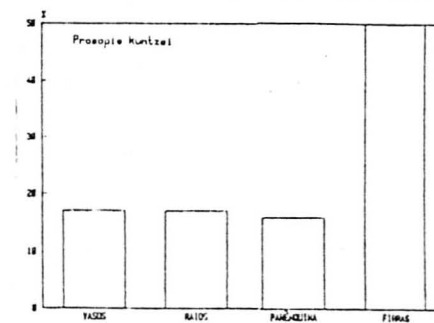
Diâmetro
médio de
poros
(μm)

98,08



- AA. Raios predominantemente 5-(7) células de largura. Raios unisseriados raros .. *Prosopis kuntzei*

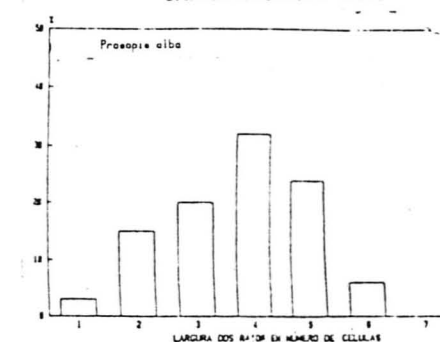
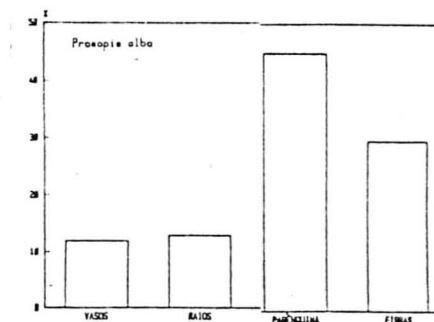
93,25



II. As fibras constituindo menos de 40% do lenho:

- B. Parênquima axial mais abundante que as fibras, constituindo cerca de 45% do lenho. Raios unisseriados escassos *Prosopis alba*

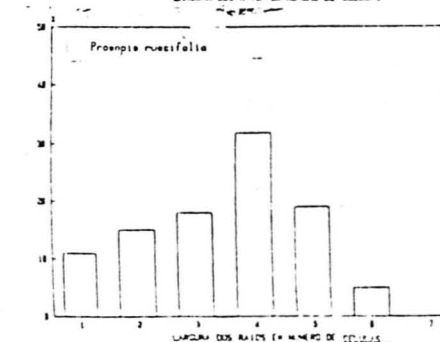
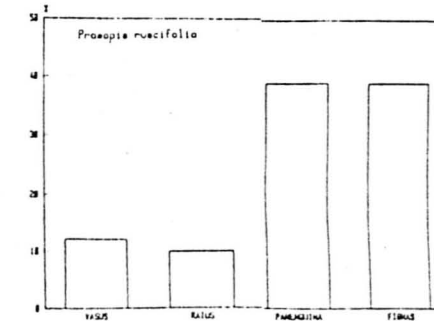
120,50



- BB. Porcentagem de parênquima axial mais ou menos equivalente à porcentagem de fibras; raios unisseriados comuns

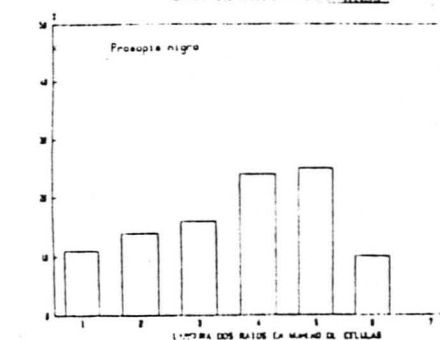
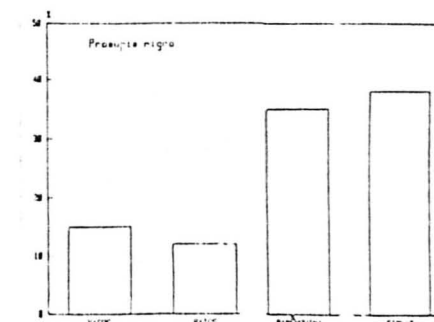
- C. Raios predominantemente de 4 células de largura; diâmetro tangencial dos vasos em média 99 μm *Prosopis ruscifolia*

99,08



- CC. Raios predominantemente de 4-5 células de largura; diâmetro tangencial dos vasos em média 150 μm *Prosopis nigra*

149,70



4.3 ANÁLISE DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO XILEMA

VASOS

Os elementos vasculares fornecem poucos caracteres de valor diagnóstico para a separação das espécies estudadas. Quanto às características gerais, os elementos de vasos concordam com as observações de TORTORELLI¹⁶⁵ e COZZO⁶⁵, inclusive em *Prosopis vinalillo*, que aqui é descrita pela primeira vez.

O volume ocupado pelos vasos na madeira é bastante semelhante nas espécies estudadas, em torno de 12%, sendo ligeiramente maior em *P. nigra* e *P. kuntzei*.

Nas cinco espécies observaram-se elementos de vasos muito curtos a curtos, havendo predominância destes últimos; as placas de perfuração são exclusivamente simples, de bordos em geral lisos ou, no máximo, com estrias tênues. Em *P. kuntzei* observou-se a ocorrência ocasional de placa de perfuração de bordos involutos, tenuemente estriados e ornamentados, em vasos de diâmetro maior. Em *P. vinalillo* ocasionalmente são observadas placas de perfuração com bordos ornamentados, em vasos de menor diâmetro do lenho tardio.

A presença de pontuações intervasculares ornamentadas é o caso geral para a grande maioria das *Leguminosae*. Os elementos de vasos das cinco espécies de *Prosopis* estudadas, além da ornamentação em pontuações e, ocasionalmente, em placas de perfuração, apresentam estriações e ornamentações especiais em suas paredes.

Estas estriações, muito pouco perceptíveis ao microscópio ótico, foram citadas anteriormente apenas por RECORD &

HESS¹⁴⁶. Tanto TORTORELLI¹⁶⁵ como COZZO⁶⁵ não observaram esses espessamentos.

A observação dos elementos de vasos com microscópio eletrônico de varredura, pela primeira vez realizada com espécies de *Prosopis*, provou que as estriações ornamentadas estão presentes nas cinco espécies; mas, a grande diversidade de tipos de ornamentação observados não apresentam padrões específicos de valor diagnóstico, uma vez que variam em forma e intensidade de ocorrência de vaso para vaso ou dentro de um mesmo elemento de vaso em todas as espécies. Estas estriações ornamentadas parecem ser uma característica comum das espécies do gênero *Prosopis*, assemelhando-se aos tipos observados por OHTANI¹³⁵ e OHTANI & ISHIDA¹³³ em *Albizia julibrissin* e *Caesalpinia japonica*.

As cinco espécies apresentam, além dos vasos normais, freqüentes vasos geniculados que, em corte tangencial, mostram desvios irregulares, muito evidentes. Em todas as amostras pode-se observar que esses desvios tangenciais das linhas vasculares são constituídos por elementos vasculares que parecem ser de origem parenquimatosa, derivados da rediferenciação de células de parênquima axial fusiforme ou seriado.

Em vasos, principalmente de menor diâmetro no lenho tardio, pode-se observar a transformação gradativa de elementos vasculares de origem parenquimatosa, com pontuações intervasculares areoladas apenas perto das placas de perfuração e com pontuações simples no resto da parede, até típicos elementos de vasos com pontuações intervasculares em toda a sua parede. Um exemplo bastante ilustrativo deste fato pode ser visto na Figura 7, em *P. vinalillo*.

Além disso, em *P. kuntzei* foram observados curtos segmentos de vasos radiais, originados da transformação de poucas (2-4) células procumbentes em elementos vasculares em seqüência radial, conectando dois vasos axiais (Figura 8E).

Em *P. alba*, *P. nigra* e *P. vinalillo* observou-se a presença ocasional de células perfuradas de raio, isto é, células radiais transformadas em elemento vascular que faz a conexão entre dois vasos axiais em lados opostos de um raio (Figura 11F).

Estas observações de elementos de vasos derivados da rediferenciação de células de parênquima axial ou de células radiais nas cinco espécies de *Prosopis*, concordam com a classificação de elementos vasculares apresentada por GOMES *et alii*⁹⁰.

Estes tipos de elementos de vasos derivados, ainda que presentes nas cinco espécies, não tem valor diagnóstico para separá-las, pois sua presença é apenas esporádica.

PARÊNQUIMA AXIAL

Nas espécies estudadas o parênquima axial é abundante, com exceção de *Prosopis kuntzei*, onde constitui apenas cerca de 16% do volume da madeira.

Nas cinco espécies ocorrem os tipos de parênquima axial seriado e fusiforme; as séries compõem-se geralmente de 2 células, mas não são incomuns séries de 3 ou 4 células; em todas é ele também tipicamente paratraqueal, desde vasicêntrico, aliforme até confluyente; parênquima apotraqueal e difuso também estão presentes. Monocristais de oxalato de cálcio em câmaras são de ocorrência comum nas cinco espécies.

Pela homogeneidade de tipo do parênquima axial, não apresenta este tecido valor diagnóstico para a separação das espécies.

Mas, considerando-se as porcentagens relativas dos tecidos constituintes da madeira das cinco espécies, verifica-se que no caso de *P. kuntzei* a baixa porcentagem de parênquima axial associada à alta porcentagem de fibras, permite a identificação da espécie. Da mesma maneira, uma alta porcentagem de parênquima axial, muito mais abundante que as fibras, caracteriza *P. alba*.

Nas espécies onde as porcentagens de parênquima axial e de fibras são mais ou menos equivalentes, é necessário buscar outras características para a separação das espécies.

RAIOS

Nas espécies estudadas a estrutura dos raios é bastante semelhante em suas características gerais. Nelas ocorrem tanto raios unisseriados escassos, como multisseriados. São todos do tipo homogêneo, constituídos exclusivamente de células procumbentes. O volume ocupado pelo tecido radial e a frequência de raios não variam suficientemente nas espécies estudadas para servirem como característica de valor diagnóstico.

Por outro lado, a largura em número de células fornece dados importantes para a separação das espécies estudadas, como se pode observar na chave dicotômica. A análise quantitativa da frequência dos diferentes tipos de raios, quanto à sua largura em número de células, distingue *Prosopis kuntzei* das restantes pela predominância de raios de 5 a 7 células de largura.

As observações feitas coincidem com as de TORTORELLI¹⁶⁵ e COZZO⁶⁵, com exceção de *P. kuntzei*, para a qual eles citam a presença de raios de 3 a 4 células de largura.

Esta discrepância talvez possa ser explicada pela diferença de idade das amostras estudadas, já que em lenho juvenil são mais frequentes raios mais estreitos, uni a trisseriados, tendendo a se tornarem mais largos no lenho adulto. As amostras de *P. kuntzei* analisadas neste trabalho foram retiradas do lenho adulto de árvores bem desenvolvidas e as observações feitas coincidem com as tendências de variação na estrutura das iniciais radiais do câmbio relatadas por GHOURSE & IQBAL⁸⁶ para *Prosopis spiciagera*.

FIBRAS

O tecido fibroso não fornece muitos caracteres para a separação das espécies estudadas. As fibras são sempre libri-formes, dotadas de pontuações simples, de abertura diminuta, mais freqüentes em faces radiais da parede e desprovidas de características especiais na parede celular.

Todas as espécies estudadas apresentam fibras gelatinosas, indicando lenho de tensão. O volume da madeira ocupado pelo tecido fibroso é significativamente maior em *Prosopis kuntzei* do que nas demais espécies, representando cerca de 50% do volume total.

Em contraposição, em *P. alba* a porcentagem de fibras mais baixa que a de parênquima axial, permite separá-la das demais espécies.

Como se pode observar na chave dicotômica, a forma das fibras por si só não representa um caráter diagnóstico, mas a sua porcentagem relativa comparada com as dos outros tecidos constituintes da madeira, permite distinguir *P. kuntzei* e *P. alba* das outras três espécies.

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESTRUTURA ANATÔMICA

4.4.1 Relação com a Taxonomia

As espécies estudadas neste trabalho formam um grupo homogêneo quanto à estrutura anatômica de suas madeiras. As características comuns a estas espécies são gerais para a subfamília *Mimosoideae*: elementos vasculares de comprimento muito curto a curto, placas de perfuração simples, pontuado intervacular alternado, pontuações ornamentadas de tamanho pequeno a médio, parênquima axial tipicamente paratraqueal, e fibras libiformes, concordando com as opiniões de TORTORELLI¹⁶⁵ e COZZO⁶⁵

COZZO⁶⁵ não encontrou grandes variações a nível de gênero na estrutura anatômica de madeiras argentinas de *Mimosoideae* e *Caesalpinioideae*. Segundo esse autor, as madeiras de *Mimosoideae* são mais homogêneas do que as de *Caesalpinioideae*, não se verificando diferenças anatômicas suficientes para o reconhecimento de suas tribos e gêneros.

De acordo com METCALFE & CHALK¹²⁵, o parênquima axial em *Mimosoideae* é usualmente abundante, ocupando algumas vezes maior volume na madeira do que o tecido fibroso. É predominantemente paratraqueal, formando um envoltório de várias células de largura em torno dos vasos.

O parênquima axial das madeiras estudadas concorda com as características gerais citadas por METCALFE & CHALK¹²⁵ e COZZO⁶⁵, apesar das diferenças entre as espécies quanto a frequência, arranjo, constituição celular e conteúdo de suas células.

O parênquima axial seriado se forma a partir de células derivadas de iniciais fusiformes, dividindo-se transversalmente

em duas, três ou quatro células; todo o conjunto dessas células filhas geralmente não ultrapassa a altura das fileiras radiais de parênquima fusiforme.

Nas espécies descritas neste trabalho, os raios são sempre homogêneos e compostos tipicamente de células procumbentes pequenas, sendo pouco frequentes os raios unisseriados, concordando com as observações de METCALFE & CHALK¹²⁵ e COZZO⁶⁵ para a sub-família Mimosoideae. METCALFE & CHALK¹²⁵ acrescentam, ainda, que em madeiras de *Mimosoideae* os raios apresentam um elevado grau de especialização, sendo os mais evoluídos dentro da família Leguminosae, opinião também sustentada por BARETTA-KUIPERS¹⁹.

As fibras das madeiras aqui consideradas são relativamente curtas, não septadas, de paredes finas a espessas e com pontuações simples. Estas características observadas, apesar de alguma variação em seu comprimento e diâmetro, concordam com os caracteres descritos por COZZO⁶⁵ e TORTORELLI¹⁶⁵ para as fibras de *Prosopis*.

O comprimento das iniciais fusiformes, que dão origem aos elementos celulares axiais, pode ser estimado aproximadamente, observando-se o comprimento dos elementos de vasos e das células do parênquima axial fusiforme.

Tanto os elementos de vasos de maior diâmetro do lenho inicial como os de menor diâmetro do lenho tardio, apresentam pouca diferença em seu comprimento, que se aproxima bastante do comprimento das células fusiformes do parênquima axial. Este fato demonstra que estes tipos de células se alongam muito pouco durante a sua diferenciação. Nota-se que os elementos de vasos de diâmetro maior do lenho inicial são um pouco mais

curtos que os elementos de vasos formados no lenho tardio; estes últimos apresentam, em contraposição, apêndices mais longos, talvez em consequência de um crescimento apical intrusivo mais acentuado que o crescimento em diâmetro.

4.4.2 Relação com a filogenia

As características estruturais observadas nos elementos de vaso das espécies de *Prosopis* estudadas, tais como: placa de perfuração exclusivamente de tipo simples, porosidade em anel semi-circular, elementos vasculares relativamente curtos, paredes transversais a levemente oblíquas e pontuações intervasculares em disposição alterna, são consideradas altamente evoluídas por BAILEY & TUPPER¹⁰, BAILEY¹⁴, EAMES⁷⁴, METCALFE & CHALK¹²⁵ e FROST⁸²⁻⁸⁴.

Para BAILEY & TUPPER¹⁰, BAILEY¹³ e EAMES⁷⁴, com o aumento de especialização filogenética dos vasos, a medida que ocorre o encurtamento dos elementos dos vasos, proporcionalmente há uma maior expansão do diâmetro dos mesmos. Neste caso, deve-se salientar que as características de comprimento e diâmetro tangencial dos vasos, embora sejam normalmente consideradas por inúmeros anátomistas como seguros parâmetros indicadores de especialização filogenética, estão amplamente correlacionadas com os fatores ambientais, os quais podem provocar possíveis inversões destas tendências, conforme demonstraram GRAAF & BAAS⁹², BAAS⁵ em pesquisas desenvolvidas sobre o assunto.

BAILEY¹³ tem advertido contra o uso do comprimento do elemento de vaso como um rigoroso indicador da especialização filogenética de uma espécie. Compreendeu que variações não re-

lacionadas à especialização filogenética ocorrem, embora ele não tenha investigado suas causas. CARLQUIST⁴⁴, em alguns trabalhos tem afirmado que dentro de um gênero, uma espécie com elementos de vasos mais curtos era mais especializada do que uma com elementos de vasos mais longos. Porém, deveriam ser examinados os fatores ecológicos e fisiológicos nas variações de comprimento de elemento de vaso dentro de um gênero, assim como também, dentro de uma espécie ou dentro de uma planta individual.

Nestas espécies o parênquima axial é predominantemente paratraqueal vasicêntrico, aliforme, aliforme confluyente e em faixas, característica considerada por CHALK & CHATTAWAY⁴⁸⁻⁴⁹ e CHALK⁴⁹ como típicas de madeiras mais evoluídas. Apresentam também parênquima apotraqueal marginal e difuso escasso, que são considerados como menos evoluídos, mas estes são muito pouco abundantes, quase um relictos.

Nas espécies de *Prosopis* descritas neste trabalho observa-se um ligeiro aspecto estratificado das células de parênquima axial que foi verificadas nas seções longitudinais radiais. Entretanto, de acordo com a "INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS"¹⁰⁵ e as recomendações das normas COPANT⁶⁰, o termo "estratificado" é aplicado exclusivamente aos elementos celulares constituintes do xilema, quando dispostos em camadas horizontais perceptíveis nas superfícies tangenciais. Nas espécies analisadas não se observou nenhuma estratificação dos tecidos em seções tangenciais, de acordo com o observado por COZZO⁶⁵, METCALFE & CHALK¹²⁵ e TORTORELLI¹²⁵.

A razão provável da estratificação aparente observada nas células da parênquima axial no plano longitudinal radial,

deve-se ao fato das células do parênquima axial manterem sempre uma certa constância no seu comprimento e posição, a partir das derivadas das iniciais fusiformes do câmbio.

A estrutura anatômica dos raios, do tipo homogêneo, parece ter atingido um elevado grau de especialização, considerando-se as características estruturais sugeridas por KRIBS¹¹⁵⁻⁶ e BARGHOORN²¹ como anatomicamente evoluídas. Estes aspectos de importância filogenética constatados no parênquima radial, combinam com aqueles descritos por BARETTA-KUIPERS¹⁹ e COZZO⁶⁵⁻⁶ para a sub-família *Mimosoideae*.

Nas espécies estudadas neste trabalho as fibras mostram um alto nível de especialização. Elas são sempre libriformes, geralmente curtas e de paredes relativamente espessas, combinando com as observações de METCALFE & CHALK¹²⁵ e ESAU⁷⁷⁻⁸.

As características anatômicas de valor filogenético nas madeiras estudadas, revelam um notável grau de uniformidade. Evidencia-se, de modo geral, que as estruturas anatômicas do xilema secundário destas espécies sugerem um alto nível de especialização, concordando deste modo com a afirmação de METCALFE & CHALK¹²⁵, COZZO⁶⁶ e BARETTA-KUIPERS²⁰ de que a madeira das *Mimosoideae* anatomicamente é bastante evoluída. Porém, ao mesmo tempo em que foram observadas estruturas anatômicas consideradas evoluídas, observou-se também em um mesmo tecido, características comumente encontradas em estruturas mais primitivas, por exemplo estriações na parede dos vasos. Das observações realizadas neste sentido, há uma concordância geral com a afirmação de HUTCHINSON¹⁰², CHOWDHURY⁵⁸ e CRONQUIST⁶⁸, de que a evolução não ocorre rigorosamente sincronizada em diferentes órgãos de uma planta, nem em diferentes elementos de um mesmo tecido.

Observando as características anatômicas das espécies de *Prosopis*, podemos considerar que sua estrutura apresenta características indicativas de uma evolução bastante avançada. A presença de porosidade em anel semi-circular que ocorre no lenho adulto, a redução no comprimento dos elementos de vasos, as pontuações intervasculares alternas, a presença de placas de perfuração simples, horizontais ou quase, a formação de fibras libriiformes, a presença de raios homogêneos e de parênquima axial paratraqueal aliforme-confluente, permitem considerar as madeiras de *Prosopis* como bastante evoluídas do ponto de vista anatômico-estrutural, concordando com as observações de METCALFE & CHALK¹²⁵, CARLQUIST⁴⁴, BAILEY¹³, BAILEY & TUPPER¹⁰, FROST⁸³ e EAMES⁷⁴.

4.4.3 Relação com as influências ecológicas

Vários autores, tais como CARLQUIST⁴⁴, GRAAFF & BAAS⁹², BAAS⁵, salientam que as condições do meio em que a planta cresce podem exercer influências sobre as características estruturais da madeira. Estas condições ambientais podem acarretar efeitos de reversibilidade nas linhas de especialização, principalmente sobre as características anatômicas dos elementos de vaso, geralmente considerados como um seguro indicador de especialização filogenética.

Nas espécies do gênero *Prosopis* estudadas, a porosidade difusa do lenho juvenil evolue para uma nova porosidade em anel semi-circular, às vezes um tanto indefinida, no lenho adulto. Esta observação foi também feita por diversos pesquisadores do lenho juvenil de espécies com porosidade em anel (GILBERT⁸⁵,

KOZLOWSKI¹¹³, RENDLE¹⁴⁸, TSOUMIS¹⁶⁷, BURGER³⁰). Em cada anel, no lenho adulto, no início da estação de crescimento, os vasos apresentam um diâmetro maior; este diâmetro diminui gradativamente até o limite do anel. Este fato indica talvez uma influência ecológica, resultando numa adaptação anatômica para um rápido transporte de maiores quantidades de água, disponíveis no período mais favorável da estação de crescimento. O comprimento pequeno dos elementos de vasos provavelmente lhes confere maior resistência, sendo portanto menos vulneráveis a um colapso sob tensão.

De acordo com CARLQUIST⁴⁴, espécies que se desenvolvem em habitats xeromórficos, freqüentemente apresentam elementos de vaso muito curtos; em muitas espécies de habitat xeromórfico, a diminuição do comprimento dos elementos de vasos está correlacionada com uma diminuição em seu diâmetro (BAAS⁵, BAAS *et alii*⁹, BAAS & CARLQUIST⁷ e CARLQUIST & HOEKMAN⁴⁶). Esta diminuição no diâmetro é evidente apenas nos vasos do lenho tardio das *Prosopis* estudadas, correspondendo a uma diminuição no suprimento de água disponível.

A tendência filogenética que determina o encurtamento dos elementos de vasos e aumento simultâneo de seu diâmetro, manifesta-se no lenho inicial das cinco espécies de *Prosopis* estudadas. Porém, no lenho tardio sofre, em parte, uma reversão influenciada pelos fatores ecológicos. Provavelmente, no final da estação de crescimento, quando o déficit de água se acentua, a influência do ambiente xeromórfico prepondera sobre a tendência filogenética, resultando na diminuição do diâmetro dos vasos no lenho tardio.

As placas de perfuração simples, finos espessamentos espiralados e estriações na parede dos vasos são características que ocorrem mais freqüentemente em ambientes xeromórficos (BAAS *et alii*⁹, BAAS & CARLQUIST⁷).

Os efeitos de latitude e altitude sobre a anatomia da madeira, discutidos por BAAS⁵⁻⁷, GRAAFF & BAAS⁹², OEVER *et alii*¹³², são de pouco interesse nesta discussão, visto que as espécies estudadas são provenientes de áreas bastante próximas, não havendo diferenças marcantes no que se refere a esses fatores.

4.5 ESTUDO METODOLÓGICO DA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Na Tabela 2 são mostradas as 65 espécies, compreendidas em 15 famílias botânicas, indicando-se o número de medições necessárias para níveis de probabilidade de 90% e 95% e um limite de erro de 10% para os 24 caracteres anatômicos analisados.

Pode-se constatar que os caracteres de maior variabilidade foram: poros/mm², altura dos raios unisseriados em μm e em número de células, altura dos raios multisseriados em μm e em número de células e comprimento dos apêndices vasculares, sendo analisados individualmente cada um deles.

Observando as cinco espécies de *Prosopis*, individualmente ou agrupadas em gênero, demonstra-se a importância relativa dos caracteres quantitativos para a identificação das madeiras estudadas neste trabalho; isto pode ser facilmente percebido por sua contribuição na chave de identificação. Os caracteres quantitativos, são indispensáveis para a identificação de grupos taxonômicos muito homogêneos. Deve-se acrescentar ainda que,

TABELA 2. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA NÍVEIS DE 90% E 95% DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO DE 10%
DA MÉDIA PARA OS DIFERENTES CARACTERES NAS ESPÉCIES ANALISADAS

		VASOS										PARENQUIMA AXIAL										FIBRAS										RAIOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Família	Espécies	Nível de probabilidade	Poros/mm²		θ tangencial dos poros (µm)	Comprimento dos elementos vasculares (µm)	Espessura da parede de vasos (µm)	θ das pontuações inter-vasculares (µm)	θ das pontuações raio-vasculares (µm)	θ das pontuações parênquima-vasculares (µm)	Comprimento dos apêndices vasculares (µm)	Altura das células de parênquima axial (µm)	θ do parênquima axial (µm)	Altura das séries de parênquima axial (µm)	Altura das séries de parênquima axial (células)	Comprimento das fibras (µm)	Diâmetro total das fibras (µm)	Diâmetro do lumen das fibras (µm)	Espessura da parede das fibras (µm)	Largura dos raios uniseriados (µm)	Altura dos raios uniseriados (µm)	Altura dos raios uniseriados (células)	Raios/mm	Largura dos raios multiseriados (µm)	Largura dos raios multiseriados (células)	Altura dos raios multiseriados (µm)	Altura dos raios multiseriados (células)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			90%	95%																								90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Anacardiaceae	Astronium graveolens Jacq.		20	31	7	9	7	10	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-</

quanto maior o número de espécies estudadas de um determinado gênero ou de vários gêneros, como no caso das espécies da família *Leguminosae* aqui agrupadas, maior é a importância dos caracteres quantitativos. Desta forma é possível que, ao se estudar um número maior de espécies de *Prosopis* ou da família *Leguminosae* ou qualquer outro grupo, estes caracteres venham a ser indispensáveis para a identificação.

Isto é explicado da seguinte forma: quando os caracteres anatômicos apresentam pouca variação dentro da espécie, isto significa uma menor variabilidade dos valores com respeito à média, necessitando portanto um pequeno número de medições para sua determinação. Quando várias espécies são agrupadas (sejam estes grupos tribos, gêneros ou famílias), aumenta consideravelmente a variabilidade com respeito à média, aumentando assim a variância e significando um grande número de medições necessárias para alcançar a precisão requerida; fica então evidenciada a importância dos caracteres quantitativos para a separação das espécies de um grupo maior.

Por razões de ordem prática, a fim de se comparar o número de medições necessárias com as recomendações da COPANT⁶⁰, que sugerem um número suficiente de medições para uma precisão igual ou superior a 90%, foi feita uma análise a este nível de probabilidade e a um limite de erro da média de 10%; foram colocados também os outros níveis de probabilidade de 95% e 99%, a fim de fornecer maior informação aos que trabalham com anatomia da madeira.

Para uma melhor visualização, são apresentadas figuras de cada um dos caracteres analisados, onde se representa o número de medições necessárias em função do limite de erro, dado

em porcentual, mostrando a relação ao analisar o grupo das cinco *Prosopis*, das espécies da família *Leguminosae* e do total das 65 espécies analisadas.

4.5.1 Poros/mm²

Na Tabela 3 são apresentados os números de medições necessárias para os níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99%, com limites de erro de 5 e 10% da média, onde estão colocadas individualmente as cinco espécies de *Prosopis*, agrupadas no gênero *Prosopis*, na família *Leguminosae* e no total das 65 espécies analisadas.

TABELA 3. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA POROS/mm²

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		126	31	179	45	309	77
<i>Prosopis kuntzei</i>		60	15	85	21	147	37
<i>Prosopis alba</i>		227	57	323	81	558	139
<i>Prosopis ruscifolia</i>		185	46	262	66	453	113
<i>Prosopis nigra</i>		225	56	319	80	552	138
Gênero: <i>Prosopis</i>		295	74	418	105	722	181
Família: <i>Leguminosae</i>		674	168	957	239	1653	413
Total das espécies		1166	291	1655	414	2858	715

No caso de Poros/mm², pode-se observar que para a descrição de uma espécie de *Prosopis* são necessárias de 15 a 57 medições para determinar sua média ao nível de 90% de probabilidade e a 10% de limite de erro. Já para descrever sua média

no gênero *Prosopis*, precisa-se de 74 medições, devido à grande variabilidade do caráter em questão dentro do gênero.

Para a família *Leguminosae*, um grupo mais amplo e de maior variabilidade, o número de medições necessárias aumenta consideravelmente, chegando a duplicar os valores considerados para o gênero *Prosopis*.

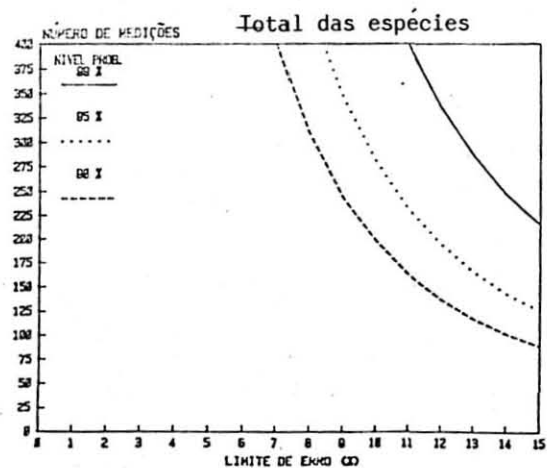
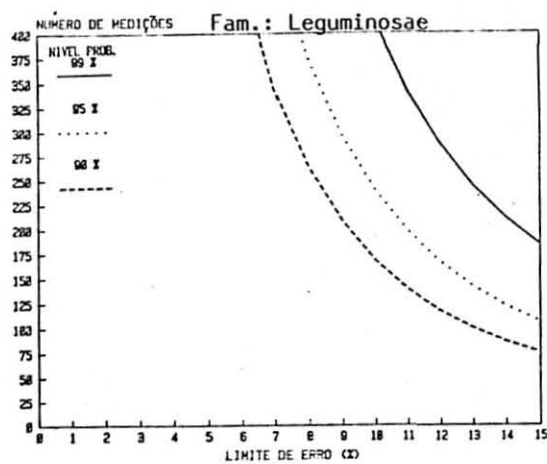
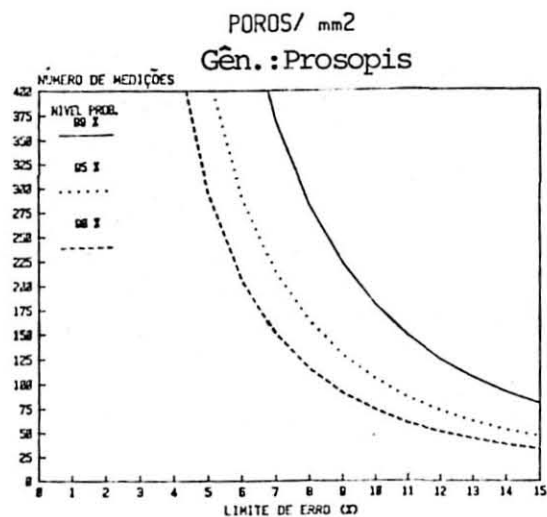
Observa-se na Figura 21 que a variabilidade do caráter nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limites de erro de 1 a 15% da média, aumenta consideravelmente o número de medições necessárias à medida que se aumenta o número de espécies, pois a grande variabilidade deste caráter depende especialmente dos tipos de porosidade e também das condições ambientais (CARLQUIST⁴⁴, BAAS⁵⁻⁶).

Na Tabela 2 observa-se que o número de medições necessárias para 90% de probabilidade e 10% de erro varia de 8 até 178, onde o menor valor foi no caso de uma espécie com porosidade difusa; no caso de porosidade em anel semi-circular e circular o número de medições aumenta consideravelmente.

Os pesquisadores europeus (BAAS⁵, OEVER *et alii*¹³², VLIET¹⁷⁴, BARETTA KUIPERS²⁰), realizam atualmente cinco contagens de poros/mm², recomendando contagens ao longo de um anel de crescimento, a fim de incluir toda a variabilidade desde o lenho inicial até o limite do lenho tardio.

CLARKE⁵⁹ já recomendava contagem de 2 mm² no caso de porosidade difusa e em 8 mm² no caso de porosidade em anel.

FIGURA 21. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA POROS/mm²



4.5.2 Diâmetro Tangencial dos Poros (μm)

A Tabela 4 mostra o número de medições necessárias para este parâmetro para os níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limites de erro de 5 a 10% de erro da média. Pode-se observar que para a descrição de uma espécie de *Prosopis*, necessita-se de 13 a 18 medições para determinar a média ao nível de 90% de probabilidade e limite de erro de 10%. Para descrever a média no gênero *Prosopis*, são necessárias 26 medições, o que significa um acréscimo de 8 medições com relação ao valor máximo observado por espécie; isto é devido praticamente à pouca variabilidade deste caráter entre as espécies do gênero *Prosopis*.

TABELA 4. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA DIÂMETRO TANGENCIAL DOS POROS (μm)

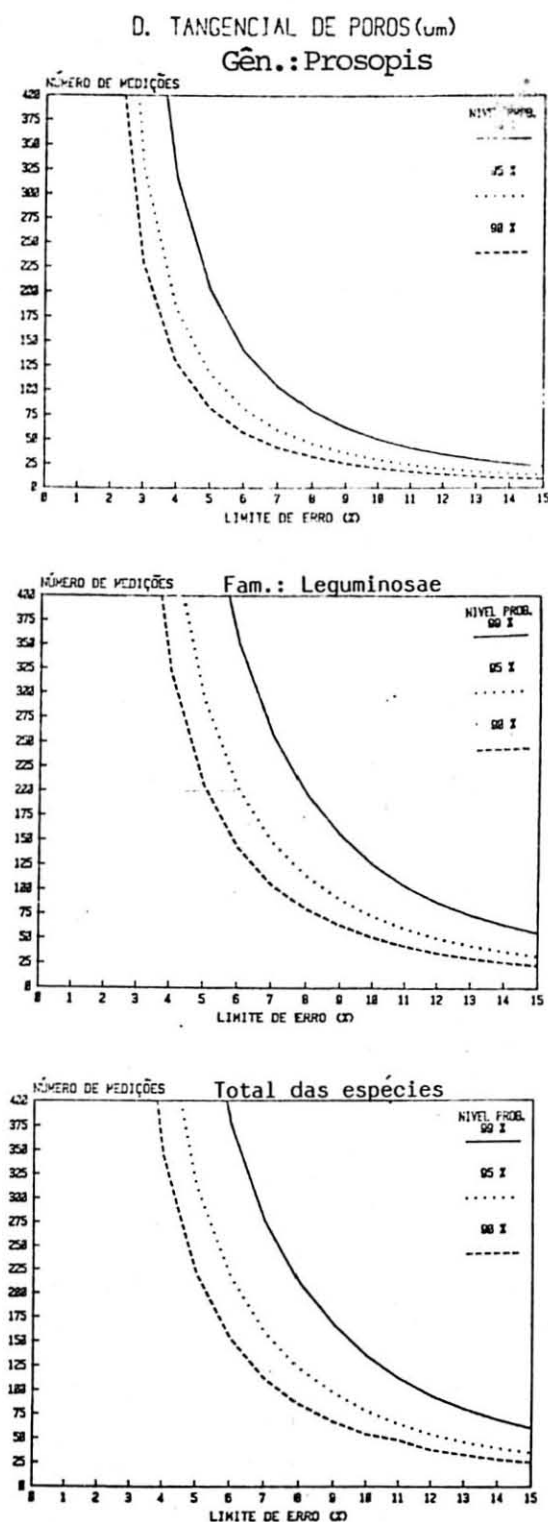
ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>	71	18	100	25	174	43	
<i>Prosopis kuntzei</i>	54	13	76	19	132	33	
<i>Prosopis alba</i>	63	16	90	22	155	39	
<i>Prosopis ruscifolia</i>	69	17	98	25	170	42	
<i>Prosopis nigra</i>	70	18	100	25	172	43	
Gênero: <i>Prosopis</i>	103	26	146	36	252	63	
Família: Leguminosae	206	51	292	73	505	126	
Total das espécies	219	54	310	78	535	134	

Na família *Leguminosae*, por ser um grupo mais amplo e de maior variabilidade, é necessário um número maior de medições, chegando a duplicar em relação aqueles necessários para o gênero *Prosopis*. Ao se considerar o total das espécies ana-

lisadas, o número de medições praticamente se manteve estável. Isto ocorre porque na família *Leguminosae* encontram-se poros de diferentes tamanhos, abrangendo nesta família um amplo espectro da variabilidade do caráter em questão. Isto também se pode observar na Tabela 2, onde o maior número de medições necessárias é requerido nas espécies da família *Leguminosae*.

Essa variabilidade pode ser visualizada na Figura 22, para os diferentes níveis de probabilidade e limites de erro, permitindo saber até que limite de erro pode-se trabalhar.

FIGURA 22. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECES-
SÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA
DIÂMETRO TANGENCIAL DE POROS (μm)



4.5.3 Espessura da Parede do Vaso (μm)

Na Tabela 5 pode-se observar que, na descrição individual das espécies, o número de medições necessárias é praticamente igual aquele necessário para o gênero, isto devido à pouca variabilidade do caráter.

TABELA 5. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA ESPESSURA DA PAREDE DO VASO (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		34	9	49	12	84	21
<i>Prosopis kuntzei</i>		34	9	49	12	84	21
<i>Prosopis alba</i>		33	8	46	12	80	20
<i>Prosopis ruscifolia</i>		36	9	51	13	89	22
<i>Prosopis nigra</i>		32	8	45	11	78	20
Gênero: <i>Prosopis</i>		39	10	56	14	96	24
Família: Leguminosae		129	32	183	46	317	79
Total das espécies		135	34	192	48	331	83

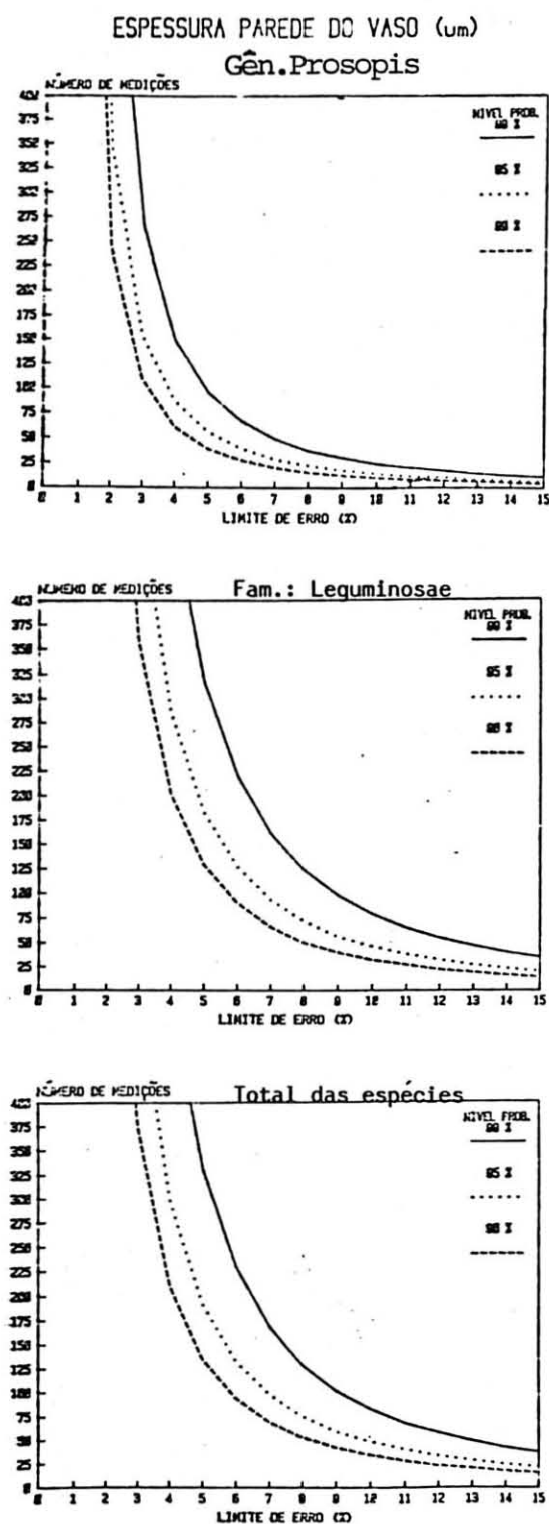
Porém, ao se comparar o valor calculado para o gênero *Prosopis* com aquele da família *Leguminosae*, nota-se que há um aumento de quase três vezes no número necessário de medições. Isto se dá porque ao agrupar-se as espécies aumenta consideravelmente a variância e, portanto, aumenta também o número de medições, ao contrário do que acontece quando se mede as espécies individualmente, onde o número de medições necessárias para determinar a média a 90% de probabilidade e limite de erro de 10% da média é bem menor (ver Tabela 2).

Pode-se observar na Figura 23 a variabilidade existente entre o gênero *Prosopis* e o total das espécies, nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e a um limite de erro de 1 a 15% da média.

A espessura da parede dos vasos é um caráter quantitativo de pouco interesse prático na identificação da maioria das espécies; portanto, o número de medições não é importante. Trata-se de um caráter importante na tecnologia de madeira, onde o que importa para a determinação do peso específico é a espessura das paredes dos diferentes elementos celulares que constituem o xilema. Existem na atualidade analisadores de imagem que determinam diretamente a porcentagem de espaços vazios e paredes, determinando desta maneira, diretamente, o peso específico (VETTER & BOTOSSO¹⁷²; MARIAUX¹²³, QUIRK¹⁴³).

Observou-se que as medições realizadas com o microscópio ótico tem pouca variabilidade comparadas com as realizadas no Videoplan; neste, os dados obtidos têm uma distribuição normal, por apresentarem também valores fracionários, enquanto que os obtidos com microscópio ótico são geralmente inteiros.

FIGURA 23. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ESPESURA DA PAREDE DO VASO (μm)



4.5.4 Comprimento dos Elementos Vasculares (μm)

Como se pode observar na Tabela 6, são poucas as medições necessárias, tanto para se descrever as espécies individualmente como para a descrição do gênero. Isto se deve à pouca variabilidade deste caráter nas espécies estudadas e no gênero, sugerindo assim a sua pouca utilidade na separação destas espécies. Para a família *Leguminosae* duplicou-se o número de medições e, ao se tratar as espécies em geral, houve um acréscimo de somente sete medições.

TABELA 6. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS VASCULARES (μm)

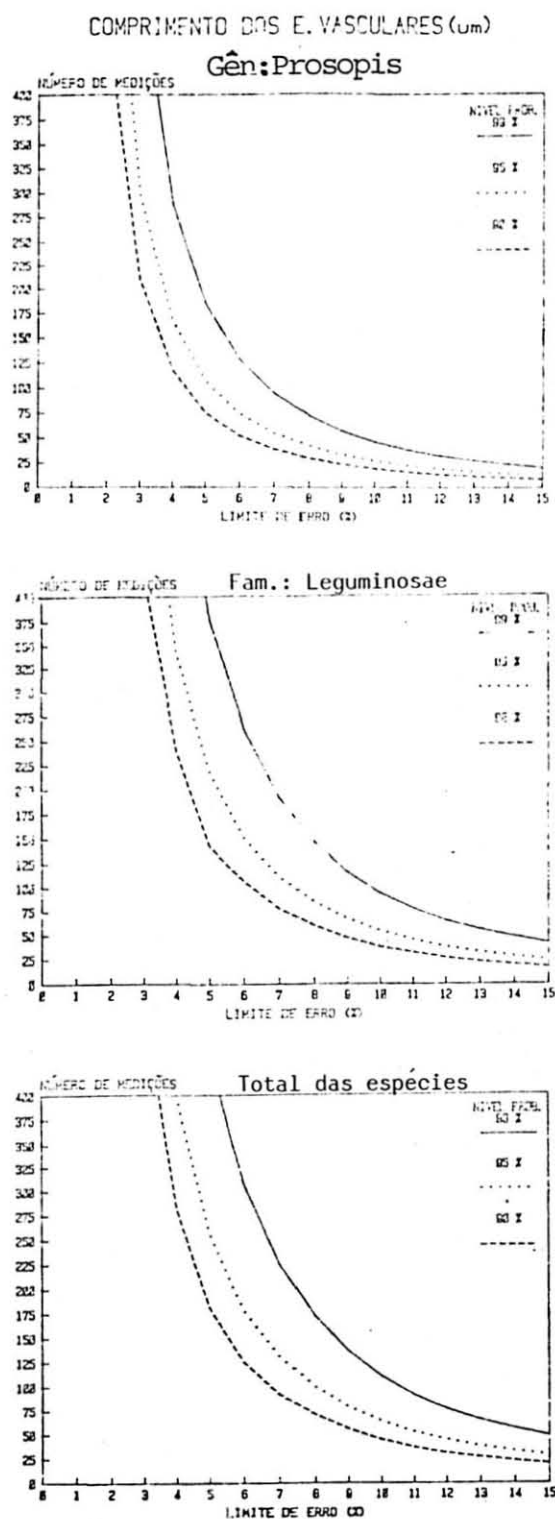
ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		59	15	83	21	144	36
<i>Prosopis kuntzei</i>		40	10	57	14	99	25
<i>Prosopis alba</i>		50	12	71	18	123	31
<i>Prosopis ruscifolia</i>		53	13	75	19	129	32
<i>Prosopis nigra</i>		68	17	96	24	166	42
Gênero: <i>Prosopis</i>		66	16	93	23	161	40
Família: <i>Leguminosae</i>		154	38	218	55	377	94
Total das espécies		180	45	257	64	444	111

O fato do número de medições necessárias, a 90% de probabilidade e 10% de limite de erro, ser muito menor ao se tratar as espécies individualmente (ver Tabela 2) do que ao tratá-las como um grupo deve-se à variância, ou seja, à variabilidade com respeito à média que aumenta consideravelmente, aumentando o número de medições a serem feitas.

Nas espécies com porosidade em anel semi-circular ou circular, a variação em comprimento dos elementos vasculares é manifestada pelo maior número de medições necessárias para alcançar a precisão requerida. A variabilidade deste caráter era de se esperar, pois segundo PANSIN & DE ZEEUW¹³⁷, as porosidades em anel circular e semi-circular refletem diferenças marcantes de atividade cambial ao longo do anel de crescimento. Em outros casos mostrou-se uma relativa uniformidade no comprimento de elementos vasculares, explicável pela porosidade difusa e/ou pela estratificação de elementos vasculares e parênquima axial (PANSIN & DE ZEEUW¹³⁷, JANE¹⁰⁸, METCALFE & CHALK¹²⁵), como associadas à homogeneidade estrutural do xilema.

A variabilidade existente entre o gênero *Prosopis*, a família *Leguminosae* e o total das espécies, nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e a um limite de erro de 1 a 15% da média pode ser observada na Figura 24.

FIGURA 24. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS VASCULARES (μm)



4.5.5 Comprimento dos Apêndices Vasculares (μm)

Na Tabela 7 pode-se observar o número de medições necessárias para um nível de probabilidade de 90%, 95% e 99% e um limite de erro de 5 e 10% da média para cada uma das espécies de *Prosopis*, agrupadas no gênero *Prosopis*, para a família *Leguminosae* e para o total das espécies.

TABELA 7. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA COMPRIMENTO DOS APÊNDICES VASCULARES (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vitalicio</i>		200	50	285	71	492	123
<i>Prosopis kuntzei</i>		168	42	238	60	412	103
<i>Prosopis alba</i>		224	56	318	79	549	137
<i>Prosopis ruscifolia</i>		201	50	285	71	492	123
<i>Prosopis nigra</i>		168	42	238	60	412	103
Gênero: <i>Prosopis</i>		263	66	374	93	646	161
Família: <i>Leguminosae</i>		458	114	650	162	1123	281
Total das espécies		1478	369	2098	524	3624	749

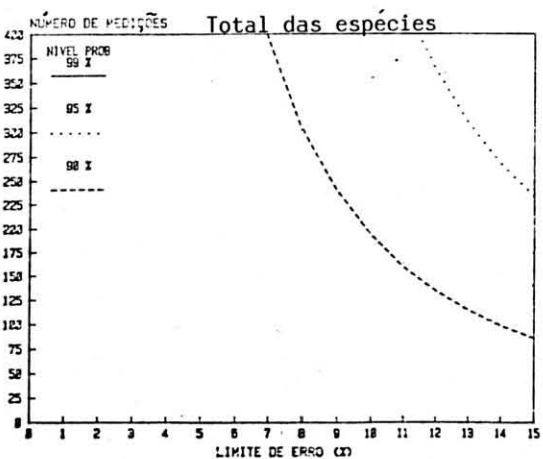
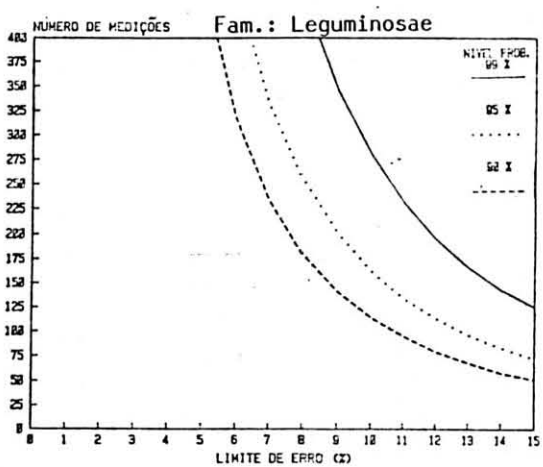
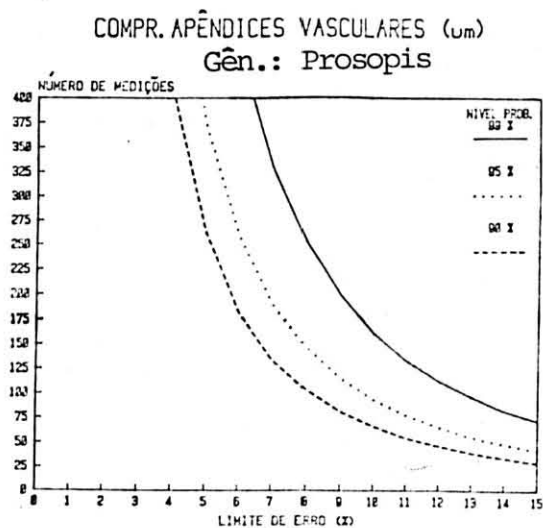
Pode-se observar que, na descrição das espécies individualmente e quando estão agrupadas, o número de medições aumenta muito pouco. Já para a família *Leguminosae*, o número de medições aumenta consideravelmente, chegando a duplicar. Para o total das espécies o número necessário chega a triplicar em relação ao outros grupos.

Pode-se constatar na Tabela 2 que o maior número de medições foi feito nas espécies da família *Annonaceae* e no gênero *Brachystegia* da família *Leguminosae*.

Este caráter não é de valor diagnóstico na identificação taxonômica; portanto, é desnecessária a realização de medições para alcançar o nível de probabilidade de 90%, já que ao medir o comprimento dos vasos estão incluídos os apêndices (CHALK & CHATTAWAY⁵⁰). Somente há interesse em saber se os apêndices estão presentes ou não e se ter idéia de seu tamanho relativo.

Como se pode observar na Figura 25, é tão grande a variabilidade do caráter que a curva de 99% de probabilidade nem aparece.

FIGURA 25. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA COMPRIMENTO DOS APÊNDICES VASCULARES (μm)



4.5.6 Diâmetro das Pontuações Intervasculares, Raio-vasculares e Parênquimo-vasculares (μm)

Nas Tabelas 8, 9 e 10 constam os números de medições necessárias, a um nível de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limite de erro de 5% e 10% da média, para o diâmetro das pontuações intervasculares, raio-vasculares e parênquimo-vasculares, tanto para espécies individuais, como agrupadas, para a família *Leguminosae* e para o total das espécies.

TABELA 8. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES INTERVASCULARES (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		23	6	33	8	57	14
<i>Prosopis kuntzei</i>		15	4	21	5	36	9
<i>Prosopis alba</i>		24	6	34	8	58	15
<i>Prosopis ruscifolia</i>		21	5	30	8	52	13
<i>Prosopis nigra</i>		17	4	24	6	42	11
Gênero: <i>Prosopis</i>		37	9	53	13	92	23
Família: <i>Leguminosae</i>		80	20	114	29	197	49
Total das espécies		118	29	167	42	289	72

TABELA 9. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES PARÊNQUIMO-VASCULARES

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		25	6	35	9	61	15
<i>Prosopis kuntzei</i>		27	7	38	10	66	16
<i>Prosopis alba</i>		29	7	41	10	71	18
<i>Prosopis ruscifolia</i>		22	6	32	8	55	14
<i>Prosopis nigra</i>		37	9	53	13	91	23
Gênero: <i>Prosopis</i>		34	8	48	12	83	21
Família: <i>Leguminosae</i>		88	22	125	31	216	54
Total das espécies		127	32	180	45	310	78

TABELA 10. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES RAIO-VASCULARES

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		24	6	34	9	59	15
<i>Prosopis kuntzei</i>		25	6	36	9	62	16
<i>Prosopis alba</i>		15	4	21	5	36	9
<i>Prosopis ruscifolia</i>		22	6	31	8	54	14
<i>Prosopis nigra</i>		24	6	33	8	58	14
Gênero: <i>Prosopis</i>		42	11	60	15	103	26
Família: <i>Leguminosae</i>		64	16	91	23	158	39
Total das espécies		138	34	196	49	338	85

Observou-se que os aumentos do número de medições necessárias, para um nível de 90% de probabilidade e limite de erro de 10% da média, são praticamente correspondentes no caso de pontuações intervaskulares e parênquimo-vasculares, apresentando estas, dentro da família, variabilidade maior que as pontuações raio-vasculares. Este fato poderia talvez ser explicado pela ocorrência freqüente de raios homogêneos na família *Leguminosae*, nos quais as dimensões e forma das células procumbentes não permitem tanta variabilidade como as das células de parênquima axial de contacto ou como nos caso de elementos de vasos adjacentes.

Na Tabela 2 pode-se constatar que o número de medições necessárias para as espécies individualmente é muito menor do que quando agrupadas. Quantitativamente não é um caráter significativo, apesar da variabilidade demonstrada, quando se con-

sidera o total das espécies. Estes caracteres são de grande valor diagnóstico pela sua forma e distribuição, como foi citado por VLIET¹⁷⁴ no estudo anatômico da família *Rhizophoraceae*. Além disso, é importante considerar a existência de ornamentação principalmente para definir ordens ou famílias amplas como *Myrtales*, *Rubiaceae* e *Leguminosae*. Para grupos estreitamente unidos a nível do gênero em famílias como *Boraginaceae* (MILLER¹²⁷) e *Cistaceae* (BAAS & WERKER⁸), a importância destas ornamentações é variável.

A variabilidade de caráter nos distintos níveis de probabilidade e limite de erro de 1 a 15% da média, pode ser observada nas Figuras 26, 27 e 28.

FIGURA 26. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES INTERVASCULARES (μm)

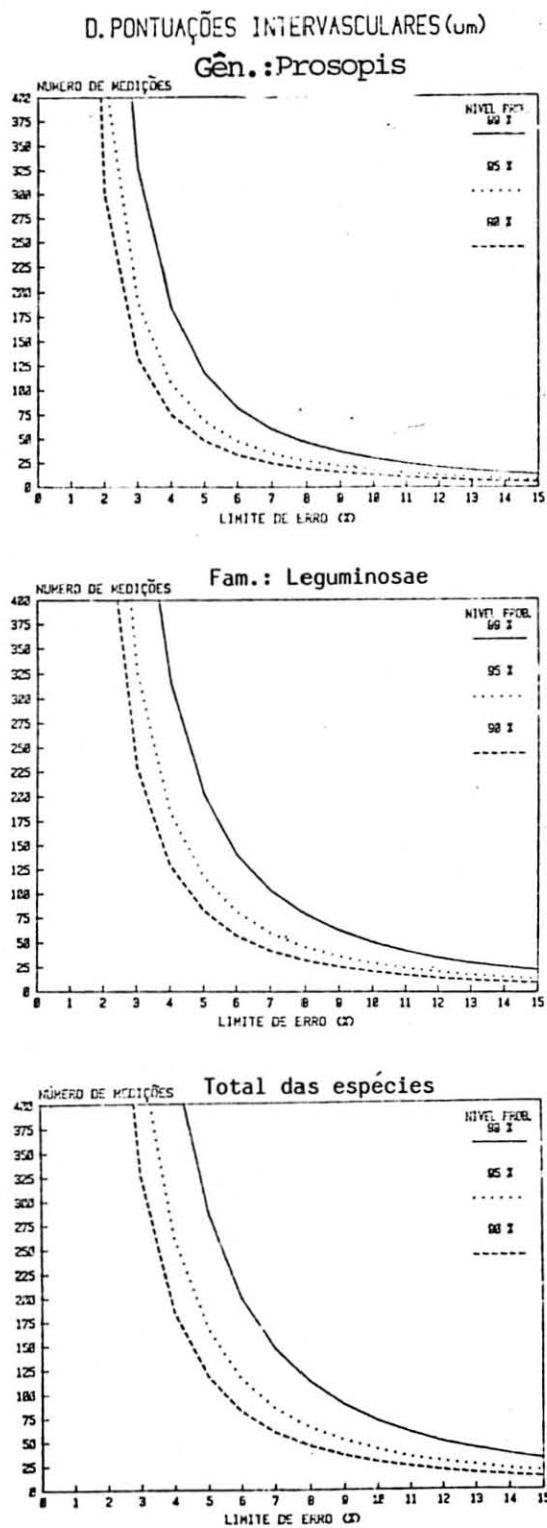


FIGURA 27. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES PARÊNQUIMO-VASCULARES

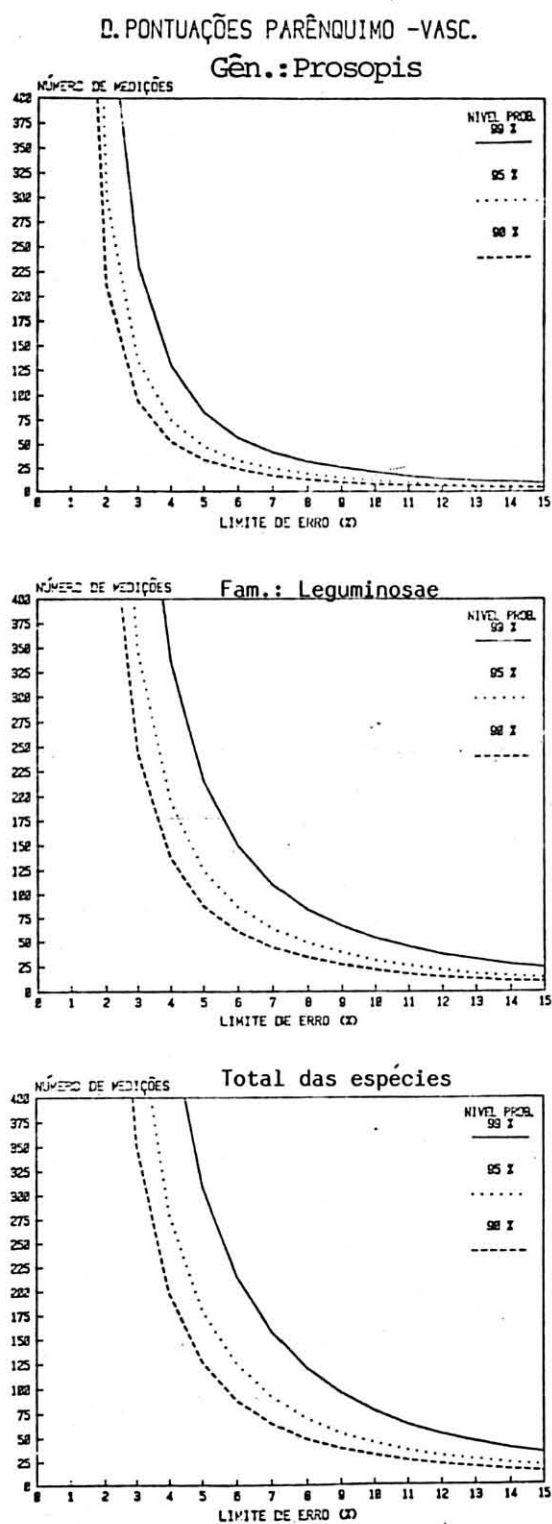
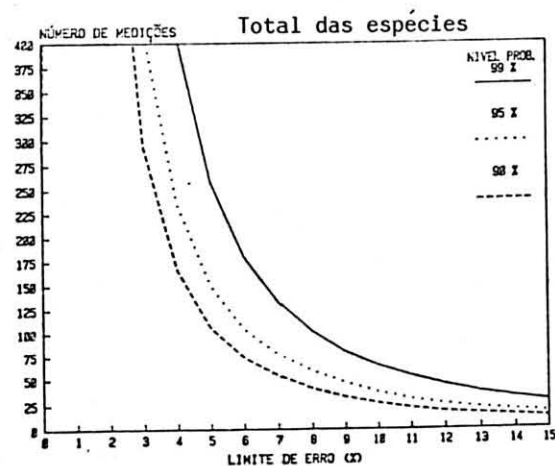
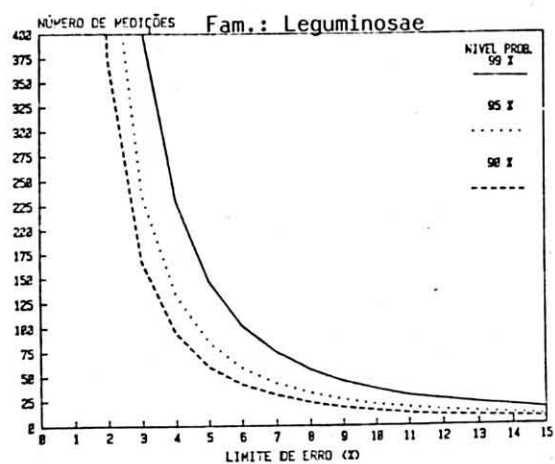
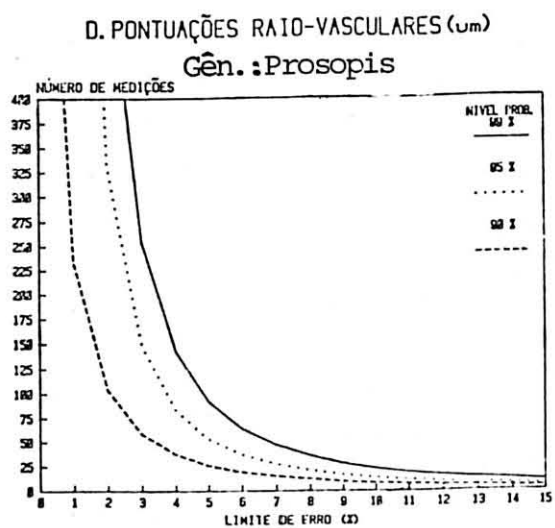


FIGURA 28. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS PONTUAÇÕES RAIO-VASCULARES (μm)



4.5.7 Raios/mm

Na Tabela 11, pode-se observar que o número de medições necessárias para o caráter raio/mm variou para cada espécie de *Prosopis* de 8 a 10 medições; ao agrupá-las, houve aumento mínimo de 7 medições; ao passar para a família *Leguminosae* o aumento foi apenas de 6 medições; ao passar ao total das espécies houve um incremento de 12 medições.

TABELA 11. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA RAIOS/mm

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		36	9	51	13	89	22
<i>Prosopis kuntzei</i>		30	8	43	11	74	18
<i>Prosopis alba</i>		31	8	44	11	76	19
<i>Prosopis ruscifolia</i>		31	8	44	11	76	19
<i>Prosopis nigra</i>		38	10	54	14	94	24
Gênero: <i>Prosopis</i>		67	17	95	24	165	41
Família: <i>Leguminosae</i>		94	23	133	33	229	57
Total das espécies		139	35	198	50	342	86

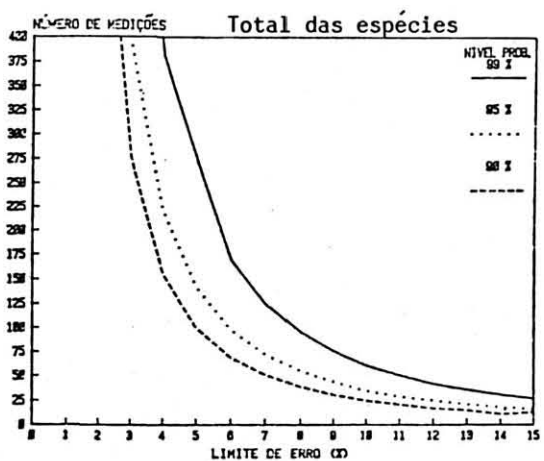
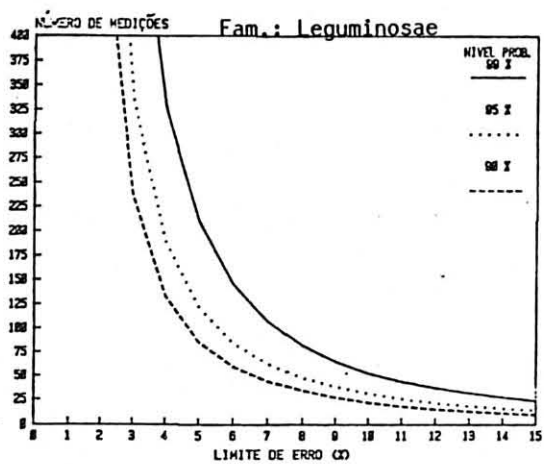
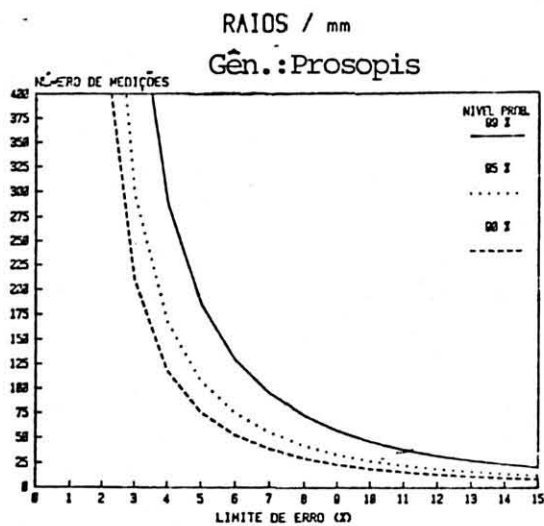
Como se pode constatar na Tabela 2, ao tratar individualmente as espécies, praticamente se observou muito pouca variabilidade, sendo 15 o número máximo de medições necessárias a um nível de probabilidade de 90% e limite de erro de 10%.

A contagem de raios/mm deve ser realizada nos cortes longitudinais tangenciais, como sugerem WAGNEFÜHR¹⁷⁵ e a maioria dos anatomistas da madeira. Esta determinação, se

executada nas seções transversais, pode ocorrer distorções em amostras de pequeno diâmetro, onde os raios não ocorrem paralelamente e são mais freqüentes quanto mais próximos da medula.

Para os diferentes níveis de probabilidade e limite de erro em percentual a variabilidade deste caracter pode ser observada na Figura 29.

FIGURA 29. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECES-
SÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA
RAIOS/mm



4.5.8 Largura dos Raios Unisseriados (μm)

Na Tabela 12 pode-se observar que o número de medições necessárias é praticamente quase o mesmo, tanto para se descrever as espécies individualmente como para o gênero. Isto se deve à pouca variabilidade deste caráter nas espécies estudadas, sugerindo assim a sua pouca utilidade na identificação destas espécies. Para a família *Leguminosae* o número de medições foi duplicado e, ao se tratar as espécies em geral, houve um acréscimo de somente cinco medições.

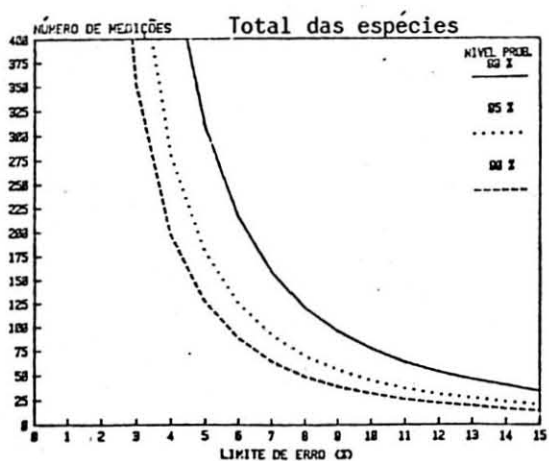
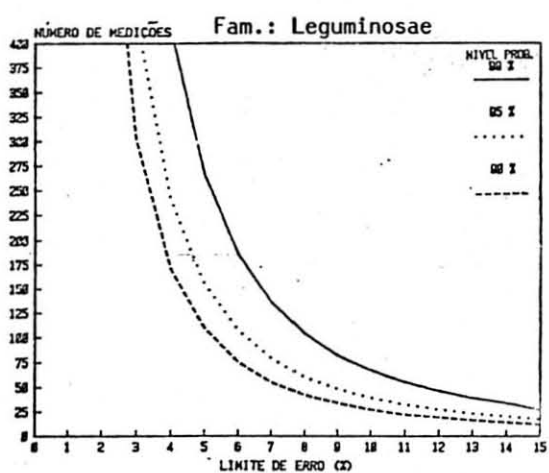
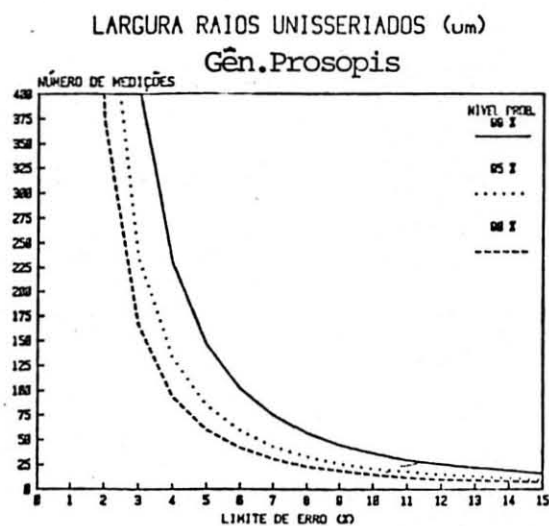
TABELA 12. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A LARGURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		39	10	55	14	95	24
<i>Prosopis kuntzei</i>		41	10	58	14	100	25
<i>Prosopis alba</i>		36	9	51	13	88	22
<i>Prosopis ruscifolia</i>		44	11	62	16	108	27
<i>Prosopis nigra</i>		31	8	44	11	76	19
Gênero: <i>Prosopis</i>		60	15	85	21	147	37
Família: <i>Leguminosae</i>		109	27	154	39	266	67
Total das espécies		127	32	180	45	311	78

Considerando-se as espécies individualmente, como se pode observar na Tabela 2, o número de medições chegou em alguns casos a um máximo de 39; mas, quando se considera o total das espécies, verifica-se que a variabilidade diminuiu sensivelmente (Figura 30).

Este caráter não apresenta grande importância para a separação de espécies, exceto talvez no caso de haver uma diferença marcante entre raios envolvidos por parênquima axial ou por fibras.

FIGURA 30. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)



4.5.9 Altura dos Raios Unisseriados

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os números de medições necessárias para altura dos raios unisseriados em μm e em número de células, respectivamente.

Pode-se constatar que em uma descrição da altura dos raios unisseriados, em μm , para as espécies de *Prosopis* e para o gênero, o número de medições é praticamente o mesmo, mas sofre um aumento considerável, chegando quase a quadruplicar, para a família *Leguminosae*, devido à sua grande variabilidade. O aumento foi menor quando se considera o total das espécies, dado que a família *Leguminosae* abrange praticamente toda a variabilidade deste caráter.

O mesmo se pode observar no caso da altura dos raios unisseriados em número de células, onde o maior aumento registrou-se ao passar do gênero para família *Leguminosae*.

Na Tabela 2 pode-se constatar que o maior número de medições necessárias, tanto para altura de raios em μm como em número de células, sendo de 86 e 84, respectivamente. No caso da maioria dos gêneros da família *Leguminosae*, os raios unisseriados são estágios juvenis dos raios multisseriados, como foi demonstrado nos trabalhos de BARGHOORN²¹, BRAUN²⁷, GHOUSE & IQBAL⁸⁶). Portanto, o número de medições não interessa tanto, salvo no caso de espécies que só apresentam raios unisseriados, sendo então de grande valor taxonômico, como nos casos de *Pterocarpus violaceus* e *Geofroea decorticans*.

A variabilidade deste caráter pode ser observada nas Figuras 31 e 32, para os diferentes níveis de probabilidade e limite de erro.

TABELA 13. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		114	29	162	40	280	70
<i>Prosopis kuntzei</i>		108	27	154	38	265	66
<i>Prosopis alba</i>		149	37	212	53	366	91
<i>Prosopis ruscifolia</i>		124	31	176	44	304	76
<i>Prosopis nigra</i>		132	33	187	47	324	81
Gênero: <i>Prosopis</i>		153	38	217	54	374	93
Família: <i>Leguminosae</i>		458	114	650	162	1122	281
Total das espécies		553	138	784	196	1355	339

TABELA 14. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (CÉLULAS)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		63	16	90	22	155	39
<i>Prosopis kuntzei</i>		52	13	74	19	129	32
<i>Prosopis alba</i>		56	14	78	19	134	33
<i>Prosopis ruscifolia</i>		60	15	85	21	147	37
<i>Prosopis nigra</i>		63	16	90	22	155	40
Gênero: <i>Prosopis</i>		72	18	102	25	175	44
Família: <i>leguminosae</i>		352	88	499	125	863	216
Total das espécies		514	129	730	183	1251	261

FIGURA 31 . RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (μm)

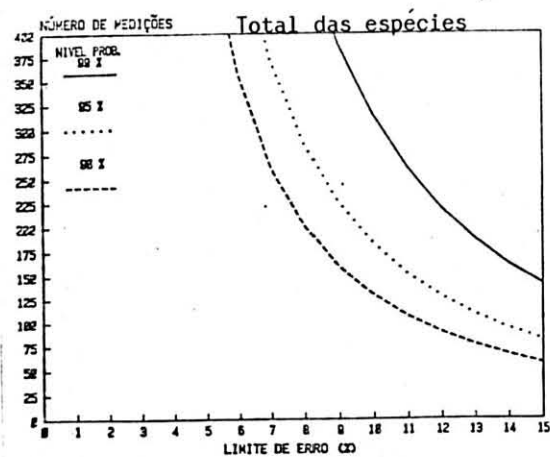
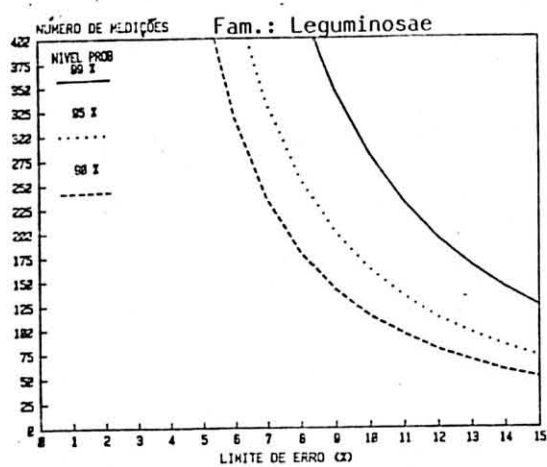
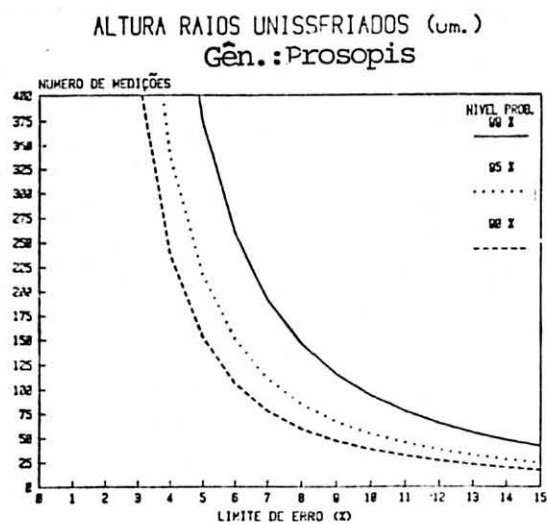
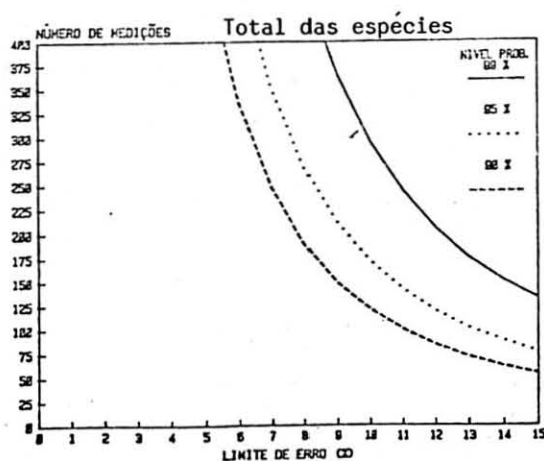
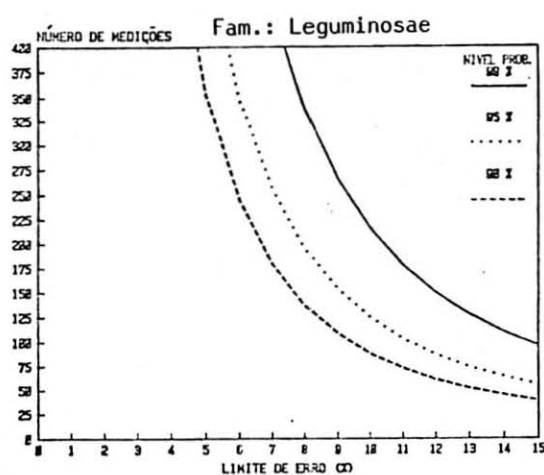
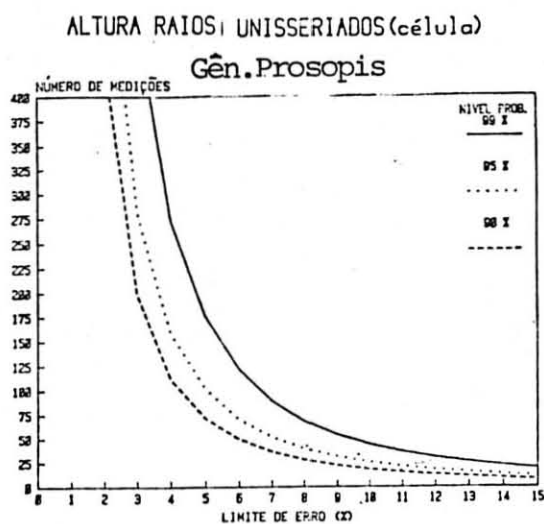


FIGURA 32 . RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA A ALTURA DOS RAIOS UNISSERIADOS (CÉLULAS)



4.5.10. Largura dos Raios Multisseriados

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentados os números de medições necessárias para um nível de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limite de erro de 5 a 10% da média. Para uma melhor visualização, e para demonstrar a variabilidade do caráter em questão, foram elaboradas as Figuras 33 e 34.

No caso de largura dos raios multisseriados em número de células observa-se que para a descrição de uma espécie de *Prosopis* são necessárias de 10 a 15 medições para determinar a média ao nível de 90% de probabilidade e 10% de limite de erro. Já para descrever a média do gênero *Prosopis* (ou seja agrupando as cinco espécies) o número de medições necessárias se manteve praticamente o mesmo, significando que nas espécies analisadas o caráter é homogêneo. Na família *Leguminosae*, por ser um grupo mais amplo e de maior variabilidade, o número de medições aumenta, chegando a duplicar com relação aquele considerado para o gênero *Prosopis*. Analisando-se o total de espécies, somente 6 medições foram acumuladas.

A mesma variabilidade se observou para largura dos raios multisseriados em μm , com a diferença que, ao se agrupar as espécies, notou-se para o gênero um acréscimo mínimo de apenas 6 medições.

Na observação da Tabela 2 o número de medições necessárias para as espécies, individualmente, a um nível de probabilidade de 90% e limite de erro de 10%, é praticamente o mesmo. No caso do gênero *Brachystegia*, que apresenta somente raios bisseriados, o número de medições necessárias foi igual a 1. Demonstra-se com isto, que o número de medições dependerá muitas vezes da variabilidade do caráter nas espécies que se está estudando.

TABELA 15. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA LARGURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		43	11	61	16	106	27
<i>Prosopis kuntzei</i>		39	10	56	14	96	24
<i>Prosopis alba</i>		44	11	63	16	109	27
<i>Prosopis ruscifolia</i>		44	11	62	16	107	27
<i>Prosopis nigra</i>		32	8	45	11	78	20
Gênero: <i>Prosopis</i>		67	17	94	24	163	41
Família: Leguminosae		130	32	184	46	319	80
Total das espécies		172	43	245	61	423	106

TABELA 16. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA LARGURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (CÉLULAS)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		45	11	64	16	111	28
<i>Prosopis kuntzei</i>		53	13	75	19	129	32
<i>Prosopis alba</i>		38	10	54	14	93	23
<i>Prosopis ruscifolia</i>		59	15	84	21	144	36
<i>Prosopis nigra</i>		48	12	68	17	118	29
Gênero: <i>Prosopis</i>		51	13	73	18	126	32
Família: Leguminosae		101	25	144	36	248	62
Total das espécies		124	31	176	44	303	76

FIGURA 33. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DE RAIOS MULTISSERIADOS (μm)

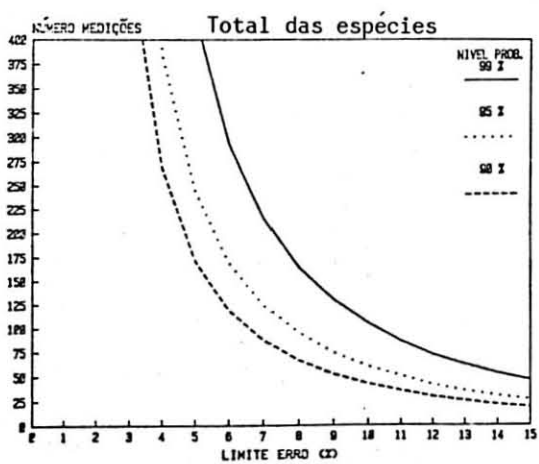
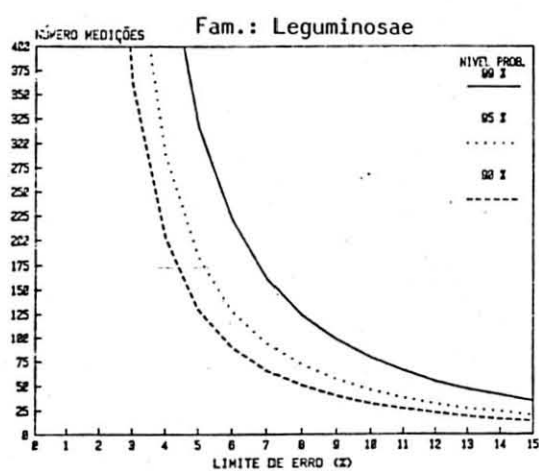
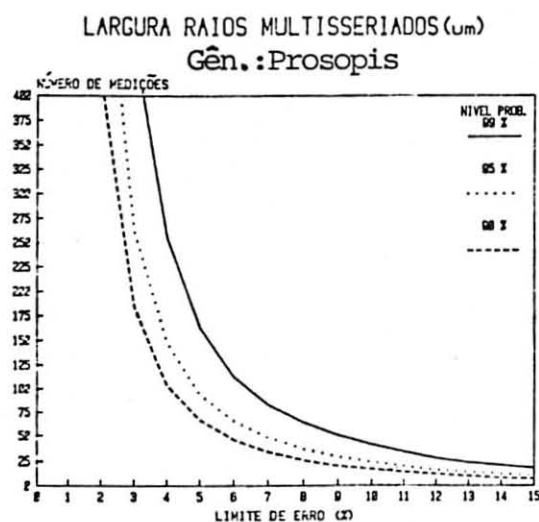
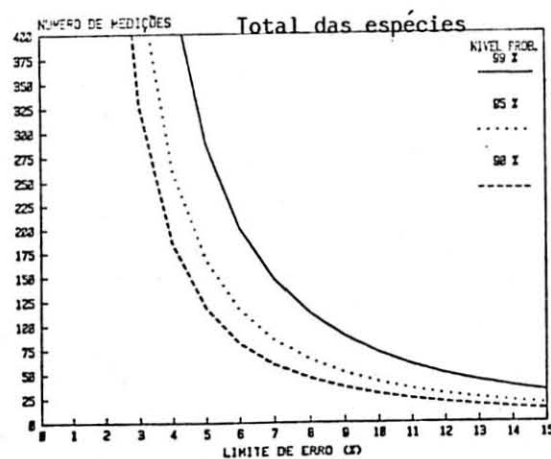
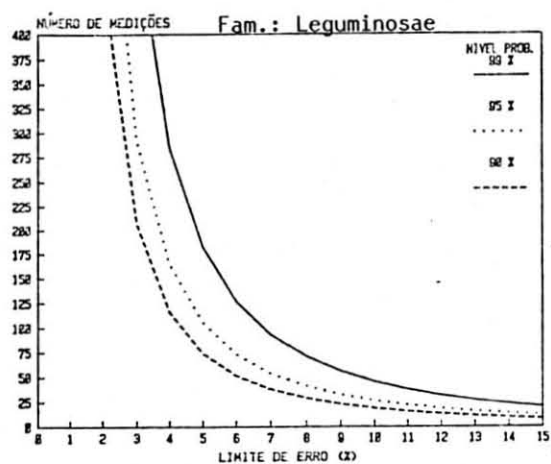
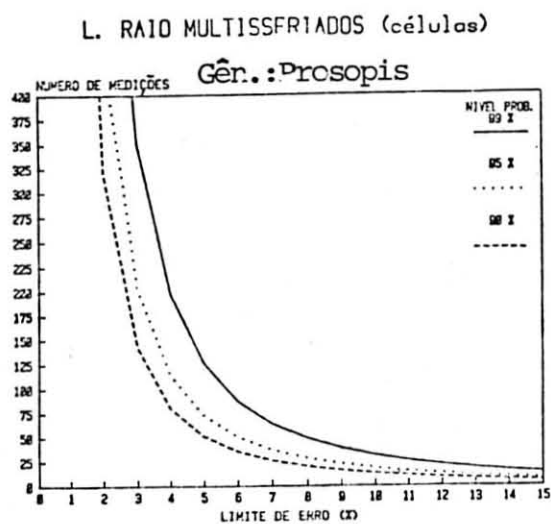


FIGURA 34. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA LARGURA DE RAIOS MULTISSERIADOS (CÉLULAS)



Quanto a largura dos raios multisseriados em número de células, é conveniente fazer a contagem incluindo os raios unisseriados para se ter idéia da porcentagem dos diferentes raios, como foi demonstrado no caso do gênero *Prosopis*, onde esta porcentagem se mostrou significativa para a separação das espécies e para a elaboração da chave de identificação.

No caso dos raios, o mais importante caráter utilizado na identificação é a largura, em μm ou número de células. A altura tem também seu valor, entretanto, usualmente nos extremos, quando muito altos ou muito baixos. A presença de raios exclusivamente unisseriados é característica de grande valor para a identificação, principalmente quando representa um tipo de estrutura que ocorre esporadicamente, podendo auxiliar na distinção entre gêneros ou espécies (METCLAFE & CHALK¹²⁵; BARRETA-KUIPERS¹⁹).

4.5.11 ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS

Nas Tabelas 17 e 18, são apresentados os números de medições necessárias para um nível de probabilidade de 90%, 95% e 99% e um limite de erro de 5 a 10% da média.

Pode-se constatar que na descrição da altura dos raios multisseriados em um para as espécies de *Prosopis* se necessita de 28 a 36 medições para determinar a média a nível de 95% e 10% de limite de erro. Já para descrever a média do gênero *Prosopis* são necessárias 39 medições, o que significa um acréscimo mínimo de apenas 3 medições. Isto ocorre devido à pouca variabilidade do caráter em questão para as espécies de *Prosopis*, mostrando uma homogeneidade dentro do gênero.

Para a família *Leguminosae* os valores aumentaram consideravelmente, dada a grande variabilidade deste caráter dentro do grupo. O aumento do número de medições para o total das espécies foi em menor grau. O mesmo se observou para a altura dos raios multisseriados em número de células.

Na maioria dos trabalhos publicados no Boletim da Associação Internacional de Anatomistas da Madeira (IAWA) e outros, a altura dos raios em número de células não é considerada.

A verificação da altura em número de células apresenta uma grande dificuldade e toma muito tempo, especialmente em casos de espécies de gêneros como *Roupala*, *Quercus*, com raios muito altos, nos quais esta contagem é praticamente impossível.

Segundo BARGHOORN²², BRAUN²⁷, GHOUSE & IQBAL⁸⁶, estes caracteres devem ser usados na identificação com muito cuidado, porque o tipo de raio pode mudar durante a ontogênese do xilema secundário.

TABELA 17. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIIDOS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		138	35	196	49	339	85
<i>Prosopis huntzei</i>		110	28	157	39	271	68
<i>Prosopis alba</i>		141	35	201	50	346	87
<i>Prosopis ruscifolia</i>		142	35	201	50	348	87
<i>Prosopis nigra</i>		145	36	206	51	356	89
Gênero: <i>Prosopis</i>		156	39	221	55	381	95
Família: <i>Leguminosae</i>		332	83	471	118	814	204
Total das espécies		438	109	622	155	1074	268

TABELA 18. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIIDOS (CÉLULAS)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		134	34	191	48	330	82
<i>Prosopis huntzei</i>		105	26	150	37	258	65
<i>Prosopis alba</i>		134	34	191	48	329	82
<i>Prosopis ruscifolia</i>		125	31	177	44	306	76
<i>Prosopis nigra</i>		136	34	193	48	333	83
Gênero: <i>Prosopis</i>		131	33	186	47	321	80
Família: <i>Leguminosae</i>		328	90	508	127	878	220
Total das espécies		483	121	686	172	1185	290

Em tecnologia da madeira é importante conhecer tanto a altura como a largura dos raios em μm , pois, nas madeiras de raios largos e altos, estes podem constituir verdadeiros planos de clivagem dando origem a rachaduras. Por outro lado, a resistência à tração e ao fendilhamento deve ser alta, pois, raios largos e irregularmente dispostos exigem maior esforço para serem separados.

A variabilidade destas características, altura de raios multisseriados em número de células e em μm pode ser verificada nas Figuras 35 e 36.

FIGURA 35. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (μm)

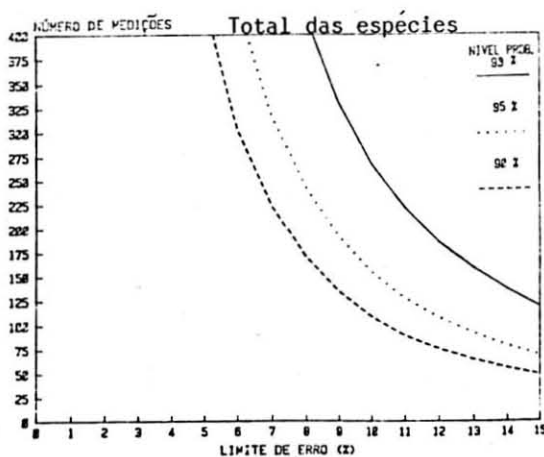
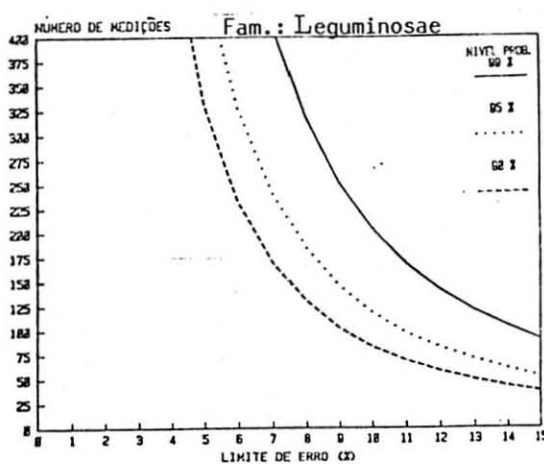
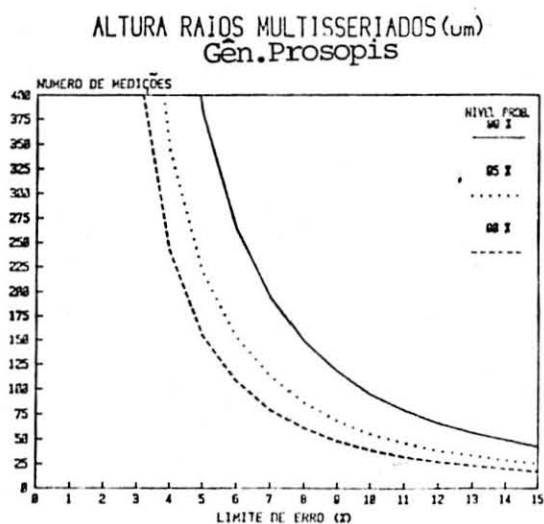
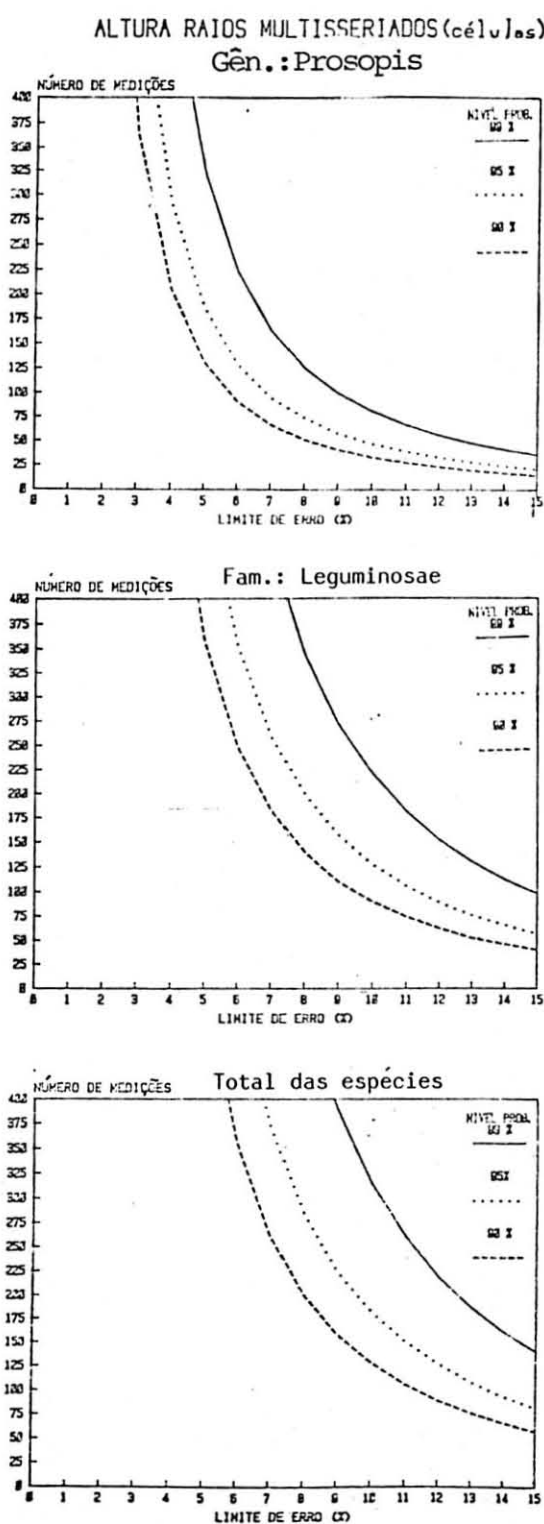


FIGURA 36 . RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DOS RAIOS MULTISSERIADOS (CÉLULAS)



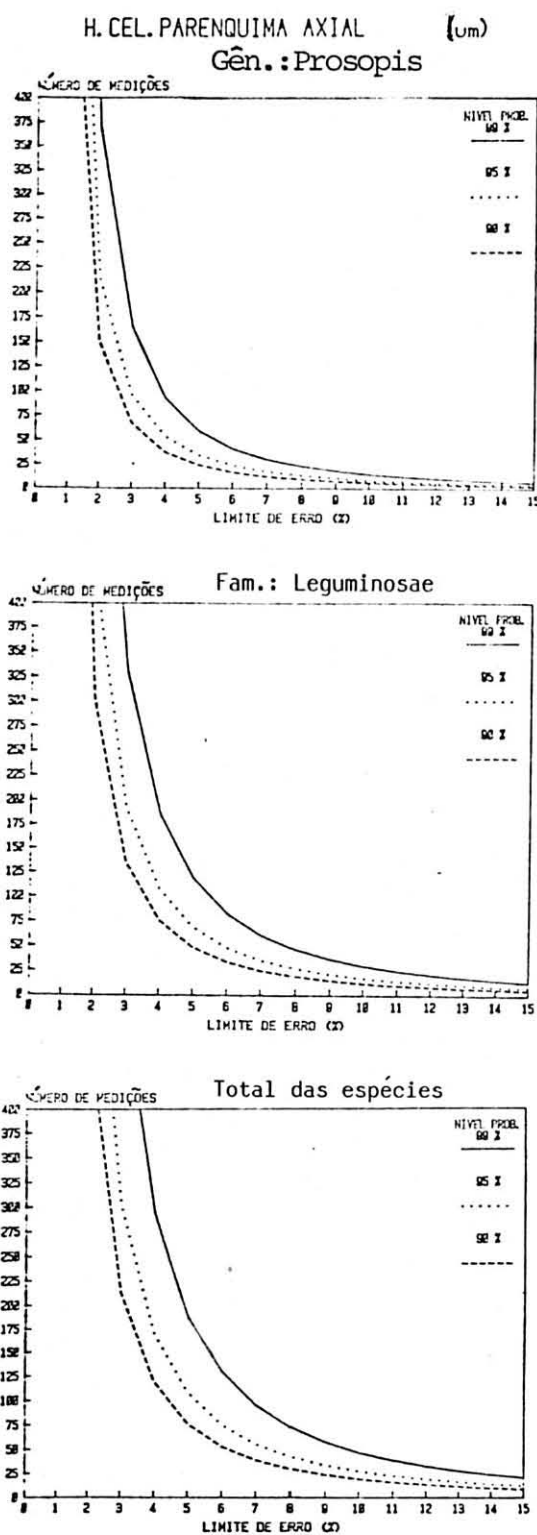
4.5.12 Altura das Células de Parênquima axial (μm)

A Tabela 19, mostra ser necessário o mesmo número de medições, tanto para a descrição de espécies individuais quanto para o agrupamento no gênero *Prosopis*, com um aumento em 19 medições para a família *Leguminosae* e mais 11 para o total das espécies. Como se pode observar na Tabela 2, o máximo valor individual do número de medições foi 26 a 90% de probabilidade e limite de erro de 10% da média. Com 26 medições poderíamos descrever a variabilidade total deste caráter na família *Leguminosae* a 90% de probabilidade e 10% de limite de erro. Estas medições só são necessárias em espécies que apresentam células fusiformes no seu parênquima axial. Pode-se observar na Figura 37, que a variabilidade existente entre o gênero *Prosopis* e o total das espécies, nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e a um limite de erro de 1 a 15% da média.

TABELA 19. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA ALTURA DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL FUSIFORME (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade		90%		95%		99%	
	Limite de erro		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis viratillo</i>	11	3	16	4	27	7		
<i>Prosopis kuntzei</i>	15	4	22	5	38	9		
<i>Prosopis alba</i>	18	5	26	6	44	11		
<i>Prosopis ruscifolia</i>	16	4	35	6	38	10		
<i>Prosopis nigra</i>	18	5	26	7	45	11		
Gênero: <i>Prosopis</i>	21	5	30	8	52	13		
Família: <i>Leguminosae</i>	97	24	139	34	236	59		
Total das espécies	140	35	199	50	343	86		

FIGURA 37. RELAÇÕES ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECES-
SÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA AL-
TURA DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm)



4.5.13 Diâmetro do Parênquima Axial

Pode-se constatar na Tabela 20 que o número de medições necessárias para se descrever, tanto as espécies individualmente como agrupadas no gênero *Prosopis* é, praticamente, o mesmo, duplicando ao se tratar da família *Leguminosae*. Para o total das espécies há um acréscimo de apenas 3 medições.

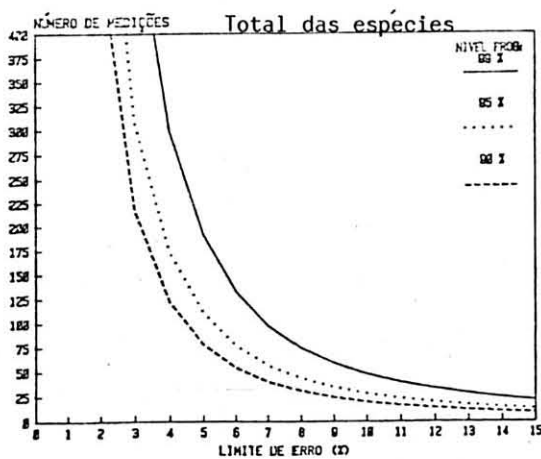
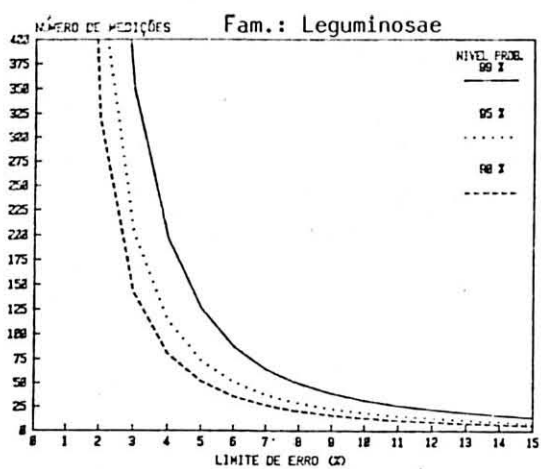
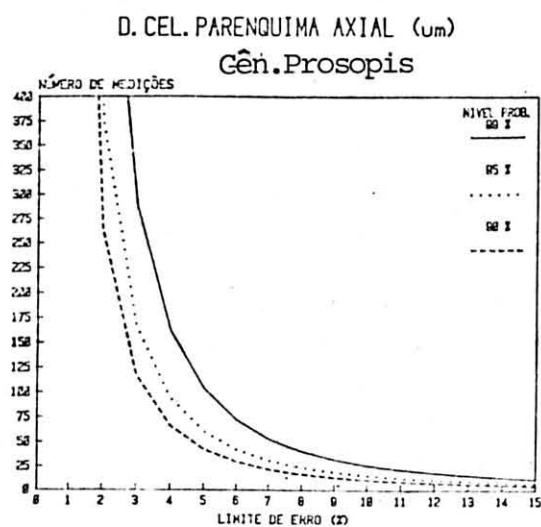
Como mostra a Tabela 2, com 17 medições pode-se descrever a variação deste caráter em qualquer das espécies analisadas.

TABELA 20. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		26	7	37	9	64	16
<i>Prosopis hantzkei</i>		36	9	51	13	88	22
<i>Prosopis alba</i>		32	8	46	11	79	20
<i>Prosopis ruscifolia</i>		29	7	41	10	72	18
<i>Prosopis nigra</i>		33	8	46	12	80	20
Gênero: <i>Prosopis</i>		40	10	56	14	98	24
Família: <i>Leguminosae</i>		97	24	138	34	238	60
Total das espécies		109	27	154	39	267	67

A variabilidade do caráter nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limite de erro de 1 a 15% da média; como pode ser observado na Figura 38, a variabilidade do caráter nos distintos níveis de probabilidade.

FIGURA 38. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DAS CÉLULAS DE PARÊNQUIMA AXIAL (μm)



4.5.14 Altura das Séries de Parênquima Axial em μm e em Número de Células

As Tabelas 21 e 22 mostram os números de medições necessárias para os níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e limite de erro de 5 e 10% da média, para altura das séries de parênquima axial em μm e em número de células, respectivamente.

Como se pode observar, o número de medições necessárias, tanto para as espécies individuais como agrupadas no gênero, é praticamente o mesmo, devido à pouca variabilidade deste caráter. Na família *Leguminosae*, por ser um grupo mais amplo e de maior variabilidade, necessita-se um número 5 a 6 vezes maior de medições em relação ao necessário para o gênero *Prosopis*. Ao se considerar o total das espécies analisadas, o número aumenta para 12 medições no caso de altura em μm e 18 medições em altura em número de células.

Observando a Tabela 2 nota-se que, ao serem as espécies tratadas individualmente, o número de medições necessárias se mantém mais ou menos constante e relativamente baixo, e que quando se agrupam espécies o número é muito maior devido à variabilidade deste caráter entre eles.

Pode-se observar nas Figuras 39 e 40 a variabilidade existente entre o gênero *Prosopis*, família *Leguminosae* e total das espécies, nos distintos níveis de probabilidade de 90%, 95% e 99% e a um limite de erro de 1 a 15% da média.

Em trabalhos publicados sobre anatomia da madeira normalmente não são realizadas medições de altura e diâmetro das células de séries de parênquima axial, sendo somente indicadas sua forma e distribuição. Pode-se dizer que não é um caráter quantitativo importante ao se tratar individualmente as espécies. Já na análise de um grupo maior pode, porém, contribuir para uma diferenciação taxonômica.

TABELA 21. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM μm

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		12	3	17	4	30	8
<i>Prosopis kuntzei</i>		13	3	18	4	31	8
<i>Prosopis alba</i>		8	2	12	3	21	5
<i>Prosopis ruscifolia</i>		11	3	15	4	26	7
<i>Prosopis nigra</i>		13	3	18	5	31	8
Gênero: <i>Prosopis</i>		21	5	30	8	52	13
Família: Leguminosae		95	24	135	34	232	58
Total das espécies		144	36	204	51	353	88

TABELA 22. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM NÚMERO DE CÉLULAS

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		18	5	26	6	44	11
<i>Prosopis kuntzei</i>		20	5	28	7	48	12
<i>Prosopis alba</i>		13	3	18	5	32	8
<i>Prosopis ruscifolia</i>		18	4	25	6	44	11
<i>Prosopis nigra</i>		15	4	22	5	38	9
Gênero: <i>Prosopis</i>		21	5	30	8	52	13
Família: Leguminosae		121	30	172	43	297	74
Total das espécies		192	48	272	68	470	118

FIGURA 39. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM μm

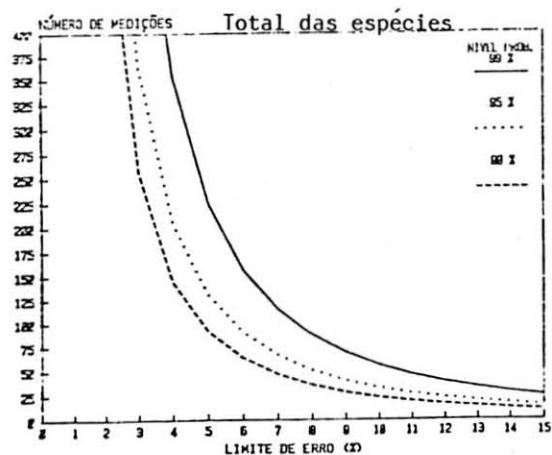
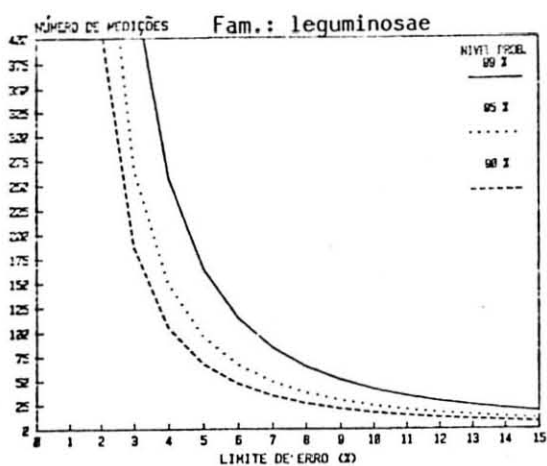
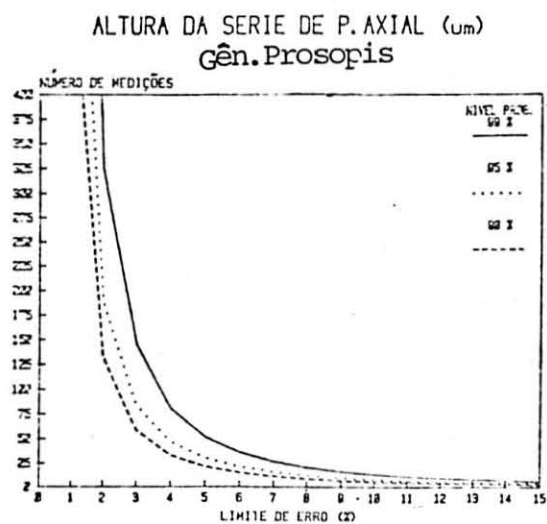
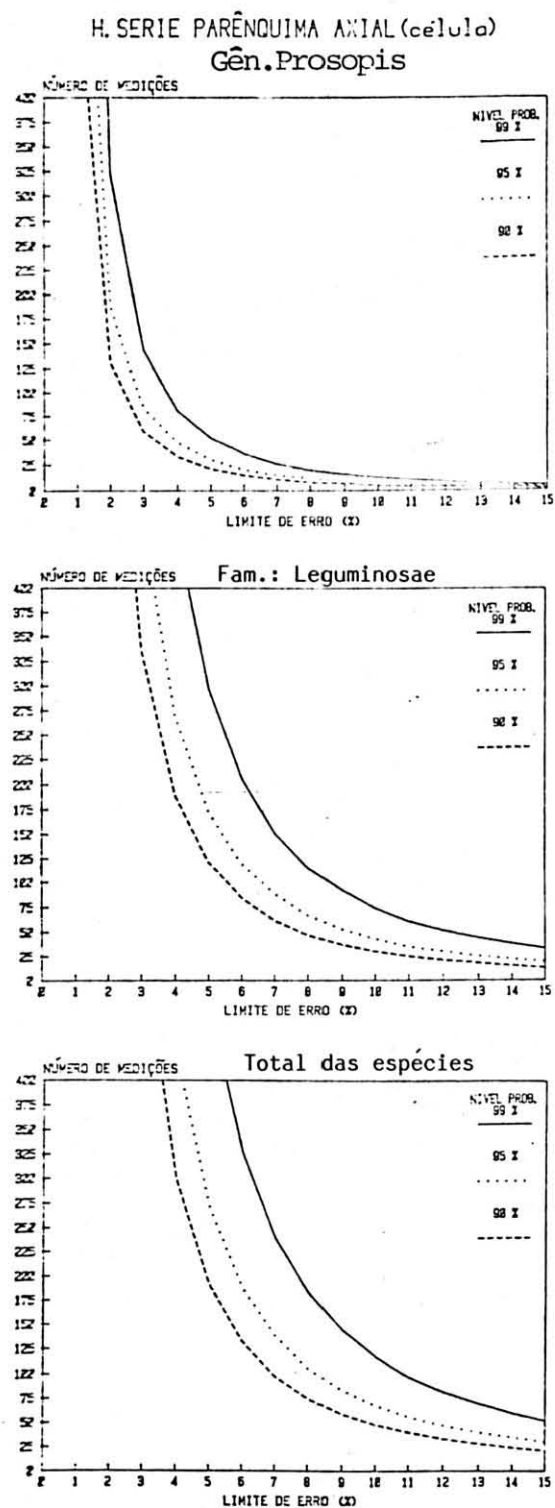


FIGURA 40. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA ALTURA DAS SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL EM NÚMERO DE CÉLULAS



4.5.15 Comprimento das Fibras (μm)

Pode-se observar na Tabela 23, que é necessário o mesmo número de medições, tanto ao se tratar individualmente as espécies de *Prosopis* como ao agrupá-las no gênero *Prosopis*. Isto é devido à pouca variabilidade do caráter analisado. Quando se trata da família *Leguminosae*, nota-se um acréscimo de 12 medições, havendo ainda um aumento de mais 5 medições apenas ao tratar o total das espécies. Com isto fica demonstrado que se trata de um caráter muito pouco variável e que não é um índice taxonômico de valor, concordando plenamente com a opinião de METCALFE & CHALK¹²⁵.

TABELA 23. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITE DE ERRO PARA COMPRIMENTO DAS FIBRAS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		15	4	21	5	37	9
<i>Prosopis kuntzei</i>		16	4	23	6	39	10
<i>Prosopis alba</i>		26	7	37	9	64	16
<i>Prosopis ruscifolia</i>		20	5	28	7	49	12
<i>Prosopis nigra</i>		17	4	24	6	41	10
Gênero: <i>Prosopis</i>		19	5	27	7	47	12
Família: <i>Leguminosae</i>		68	17	96	24	167	42
Total das espécies		84	21	119	30	206	51

Pode-se constatar na Tabela 2 a homogeneidade deste caráter. O maior número de medições necessárias foi no caso de *Acacia tucumanensis*, com 26 medições para se obter a média a um nível de probabilidade de 90% e limite de erro de 10% da média.

Para uma melhor visualização da variabilidade do caráter, em questão, pode-se observar na Figura 41 para os distintos níveis de probabilidade e limite de erro.

KANDEEL *et alii*¹⁰⁹, determinaram com o método de "fibrescope" que com 20 medições de fibras em madeiras tropicais se consegue um nível de 95% de probabilidade e limite de erro de 10% da média, contradizendo MARCHIORI¹²¹ e BOTOSSO²⁶, que determinaram um número de medições extremadamente alto para a obtenção de uma probabilidade de 90% e 10% de limite de erro da média.

4.5.17 Diâmetro Total as Fibras (μm)

Na Tabela 24, pode-se observar que é necessário quase o mesmo número de medições deste caráter para se descrever as espécies, tanto individualmente como agrupadas no gênero *Prosopis* ou na família *Leguminosae*. O acréscimo de 15 medições, com relação ao total das espécies, representa um aumento de cerca de 130%, demonstrando a relativa homogeneidade deste caráter dentro da família *Leguminosae* e que também pode ser observado na Figura 42.

TABELA 24. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO TOTAL DAS FIBRAS (μm)

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		30	8	43	11	74	19
<i>Prosopis kuntzei</i>		27	7	38	10	66	17
<i>Prosopis alba</i>		33	8	48	12	82	21
<i>Prosopis ruscifolia</i>		21	5	30	7	51	13
<i>Prosopis nigra</i>		30	8	43	11	74	19
Gênero: <i>Prosopis</i>		30	8	43	11	74	18
Família: <i>Leguminosae</i>		46	11	65	16	112	26
Total das espécies		106	26	150	38	260	65

FIGURA 41. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA COMPRIMENTO DAS FIBRAS (μm)

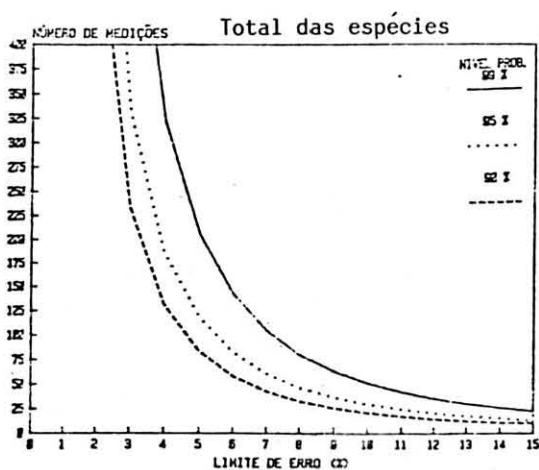
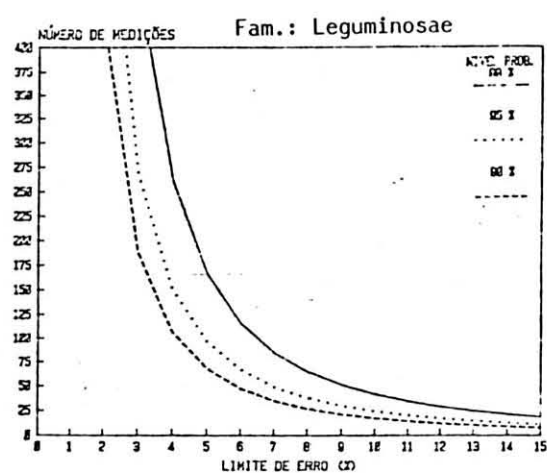
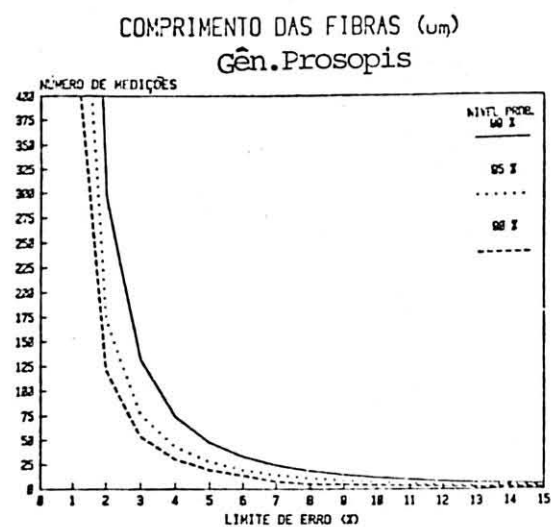
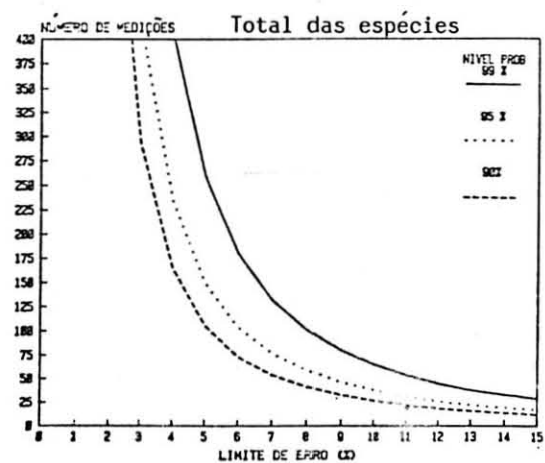
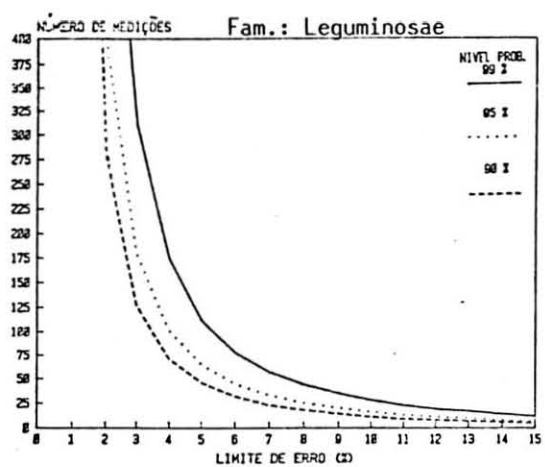
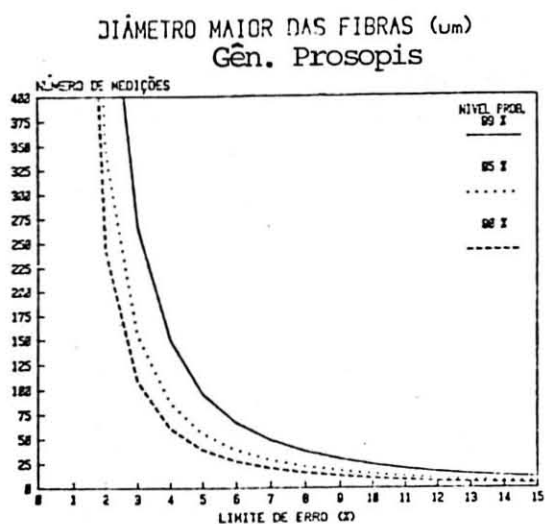


FIGURA 42. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO MAIOR DAS FIBRAS (μm)



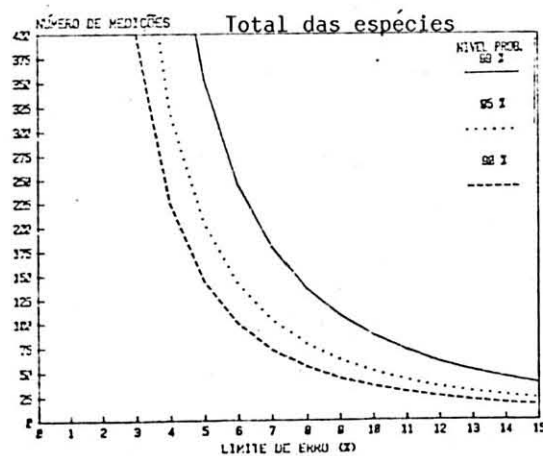
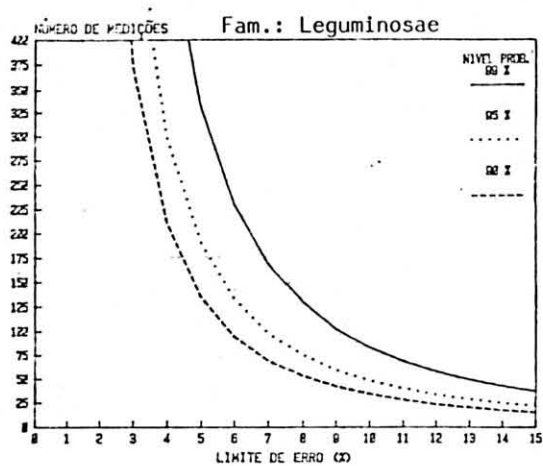
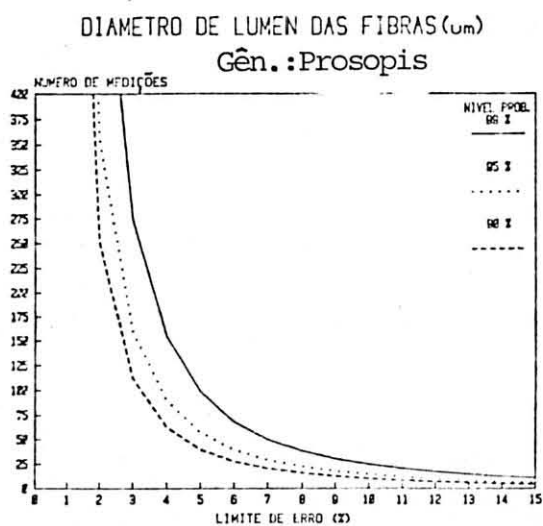
4.5.16 Diâmetro do Lumen das Fibras

Observou-se na Tabela 25, que é necessário quase o mesmo número de medições, tanto ao se tratar individualmente as espécies de *Prosopis* como ao agrupá-las no gênero. Isto é devido à pouca variabilidade do caráter analisado nestas espécies. Quando se trata da família *Leguminosae*, nota-se um acréscimo de 24 medições e um aumento adicional de somente 2 medições ao tratar do total das espécies, demonstrando a grande variabilidade do caráter na família *Leguminosae*, o que pode ser visualizado na Figura 43.

TABELA 25. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA DIÂMETRO DO LUMEN DAS FIBRAS

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		28	7	39	10	67	17
<i>Prosopis kuntzei</i>		26	7	37	9	65	16
<i>Prosopis alba</i>		36	9	52	13	89	22
<i>Prosopis ruscifolia</i>		29	7	41	10	71	18
<i>Prosopis nigra</i>		36	9	52	13	89	22
Gênero: <i>Prosopis</i>		40	10	57	14	99	25
Família: <i>Leguminosae</i>		135	34	191	48	331	83
Total das espécies		218	54	309	77	534	133

FIGURA 43. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA DIÂMETRO DO LUMEN DAS FIBRAS



4.5.17 Espessura das Paredes das Fibras

Pode-se observar na Tabela 26, que é necessário quase o mesmo número de medições, tanto para se descrever as espécies individualmente quanto quando estão agrupadas no gênero *Prosopis*. Na família *Leguminosae* nota-se um acréscimo de 11 medições e um aumento de mais 7 medições ao tratar o total das espécies (Figura 44).

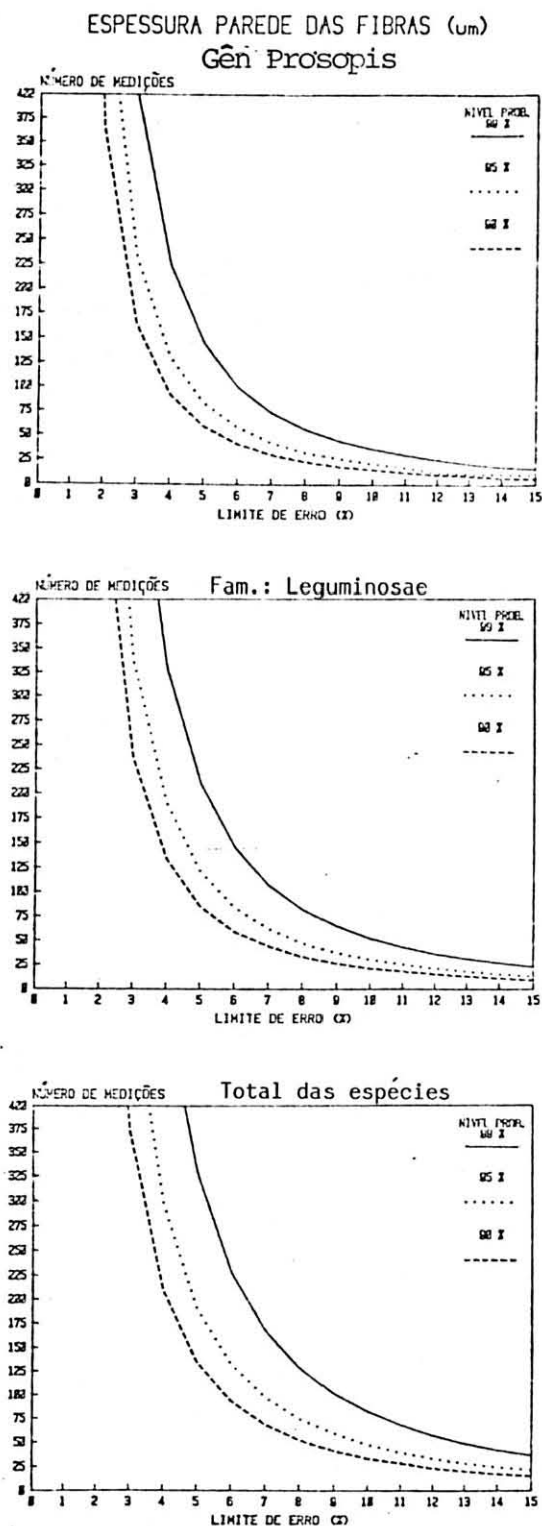
TABELA 26. NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE E LIMITES DE ERRO PARA ESPESSURA DAS PAREDES DAS FIBRAS

ESPÉCIES	Nível de Probabilidade Limite de erro	90%		95%		99%	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
<i>Prosopis vinalillo</i>		53	13	76	19	131	33
<i>Prosopis kuntzei</i>		51	13	72	18	124	31
<i>Prosopis alba</i>		55	14	78	20	135	34
<i>Prosopis ruscifolia</i>		46	11	65	16	112	28
<i>Prosopis nigra</i>		54	13	76	19	132	33
Gênero: <i>Prosopis</i>		59	15	83	21	144	36
Família: <i>Leguminosae</i>		105	26	150	38	260	65
Total das espécies		134	33	190	48	328	82

Estes dados são importantes para os que trabalham em polpa e controle de qualidade do papel de madeiras tropicais.

As fibras apresentam pouco caracteres de valor diagnóstico para a separação das espécies. Suas características são mais importantes para a tecnologia de madeira, principalmente pela sua influência na qualidade do papel obtido. As características biométricas interessantes são o comprimento, diâmetro total, diâmetro do lúmen e espessura das paredes celulares.

FIGURA 44. RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS E LIMITE DE ERRO PORCENTUAL PARA ESPESURA DAS PAREDES DAS FIBRAS



Porém, estas características, segundo RICHTER*, citado por TEIXEIRA¹⁶¹ e VALENTE¹⁶⁸, não interessam em seus valores individuais, pois não existe qualquer relação entre estes, e a resistência do papel. O que realmente importa conhecer é a influência de certos valores relativos tais como: a relação entre o comprimento (L) e o diâmetro (D), que é conhecida como coeficiente de flexibilidade de Peteri ($P = L/D$); a relação entre a espessura da parede da fibra (e) e o diâmetro do lúmen (d), conhecida como fator de RUNKEL ($R = 2. e/d$), que caracteriza a rigidez das fibras; conseqüentemente, a sua eficácia na elaboração de polpa e as propriedades mecânicas do papel. A relação entre o diâmetro do lúmen (d) e o diâmetro das fibras (d/D - coeficiente de rigidez) dá uma idéia da facilidade das fibras ligarem-se entre si.

Fibras, vasos, raios e parênquima axial são os tecidos encontrados em diferentes proporções nas madeiras de latifoliadas. Estes não se mantêm integralmente durante a preparação da polpa. Os elementos menores como as células do parênquima axial e radial, além de não contribuírem para a formação da folha e a resistência do papel, desaparecem durante o processo de (cozimento) e peneiragem (AHRENS & LECHTAHALER²).

Por isso os tecidos que mais interessam são os elementos de vasos e fibras. Estes variam grandemente em quantidade, comprimento, largura e espessura das paredes, de acordo com sua origem, posição na árvore e condições de crescimento (VALENTE¹⁶⁸).

Levando-se em consideração os comentários acima e observando a Tabela 27 para as cinco espécies de *Prosopis*, pode-se

* RICHTER, H.J. Propriedades morfológicas das fibras em relação à qualidade da madeira e algumas propriedades do papel. (Trabalho não publicado).

TABELA 27 . CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS E VOLUME APROVEITÁVEL DA MADEIRA DAS ESPÉCIES DE
Prosopis ESTUDADAS

Espécies	Comprimento médio das fibras (μ m)	Diâmetro médio (m) (D)	Espessura parede da fibra (e)	Diâmetro do lumen (d) (μ m)	Relação L/D	Relação d/D x100	Runkel R=2.e/d	% Fibras	% Vasos	Volume aproveitá- vel de ma- deira
<i>Prosopis vinalillo</i>	1035,89	14,08	2,25	8,91	73,57	63	0,50	45	11	56
<i>Prosopis kuntzei</i>	1114,41	13,74	2,86	8,86	81,10	50	0,83	50	17	67
<i>Prosopis alba</i>	1073,73	12,60	2,57	7,74	85,29	61	0,66	30	12	42
<i>Prosopis ruscifolia</i>	1102,21	13,33	2,58	8,50	82,68	64	0,61	39	12	51
<i>Prosopis nigra</i>	1093,18	12,79	2,74	7,63	85,47	60	0,72	38	15	53

concluir que:

- a) as cinco espécies possuem um alto valor para a relação d/D ; portanto, forneceriam papéis mais resistentes à tração; no caso de *Prosopis kuntzei* onde o valor é mais baixo, poder-se-ia obter um tipo de papel mais resistente ao rasgo;
- b) comparando estes dados aos do *Eucalyptus*, analisado por BARKER & SMITH¹⁶, e com as demais espécies de uso tradicional na fabricação de papel, pode-se dizer que as cinco espécies de *Prosopis* têm possibilidades de utilização.

Mas, embora o fator de Runkel calculado para as espécies se enquadre dentro do grupo III R - madeira boa para papel, provavelmente nenhuma destas espécies será utilizada individualmente. Um papel com as propriedades desejadas, por exemplo, alta resistência à tração, não poderá ser obtido utilizando-se uma só espécie e, além disto, dependendo do tipo de papel outras propriedades são requeridas.

De modo geral, mesmo com mudanças dos métodos de processamento que capacitam maior número de espécies de madeiras para a produção de papel, o comprimento das fibras continua sendo uma das características mais importantes quanto às propriedades mecânicas. Pode-se então concluir que nenhuma das espécies aqui estudadas poderia ser usada individualmente na produção de papel, mas apenas em misturas com outras folhosas ou coníferas.

Devido à sua grande estabilidade dimensional e seu alto peso específico, as *Prosopis* tem sido muito utilizadas na fabricação de móveis e esquadrias.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais conclusões e recomendações deste trabalho são enumeradas a seguir:

- 1 Reunir as descrições macro e microscópica em uma só, a fim de não torná-las repetitivas e facilitar sua compreensão.
- 2 As madeiras das espécies de *Prosopis* estudadas, de um modo geral, apresentam grande homogeneidade estrutural do xilema secundário, concordando com as características gerais da subfamília *Mimosoideae*.
- 3 Devido à homogeneidade estrutural do xilema, a determinação da porcentagem das classes de valores de determinados caracteres anatômicos fornecem importantes informações para a separação das espécies.
- 4 As características anatômicas que permitiram facilmente a separação das cinco espécies estudadas foram: porcentagem dos diferentes tecidos constituintes da madeira, porcentagem de tipos de raios de acordo com a largura em número de células e diâmetro tangencial dos vasos.
- 5 Foram, pela primeira vez, observadas com microscópio eletrônico de varredura (SEM) as pontuações e estriações orna-

mentadas na parede dos elementos de vasos; concluiu-se que essas são características constantes para o gênero *Prosopis*, mas devido à sua variabilidade em forma e intensidade de ocorrência, não servem como caráter diagnóstico para a separação das cinco espécies.

6 Os caracteres poros/mm², diâmetro tangencial dos vasos e comprimento dos elementos vasculares são importantes na separação de espécies, mas é preciso levar em consideração a influência ecológica que atua sobre eles.

7 A aplicação de estatística dependerá do objetivo da pesquisa, já que para a descrição e identificação de espécies são suficientes a apresentação de valores mínimos, médios, máximos e erro padrão dos caracteres observados. Em casos como a determinação de padrões de variação dentro de uma árvore, entre árvores de uma mesma espécie, correlação com fatores ecológicos, etc., devem ser usados métodos estatísticos mais complexos e apropriados para o objetivo específico da pesquisa. Conforme o objetivo do trabalho, a precisão poderá variar requerendo um número maior ou menor de medições, usando-se o cálculo da fórmula correspondente ao tamanho da amostra (n).

8 A análise dos trabalhos que fundamentaram a revisão da metodologia mostrou que o número de medições usualmente realizadas para cada característica era superior ao necessário para alcançar a precisão requerida pela recomendação da COPANT 30:1-019.

9 Nas cinco espécies de *Prosopis* estudadas, os caracteres que exigiram maior número de medições, retratando maior variabilidade tanto individualmente como agrupados, foram: poros/mm², comprimento de apêndices de elementos de vasos e altura de raios unisseriados e multisseriados em número de células e em μm .

10 O número de vasos/mm² é um caráter muito variável entre espécies, entre indivíduos da mesma espécie e mesmo dentro de um mesmo indivíduo; apesar dessas variações, sua frequência média é um índice que não deve ser desprezado por estar relacionado com propriedades físicas da madeira.

11 Medições de comprimento de apêndices de elementos de vasos não são importantes para a identificação das espécies, mas apenas para dar uma idéia de suas dimensões; a presença ou ausência desse caráter devem ser citadas, mas suas dimensões não tem importância, pois para uma precisão de 90% de probabilidade seria necessário um número de medições muito alto, o que representaria uma grande perda de tempo.

12 Da mesma maneira, nos casos de pontuações intervasculares, raio-vasculares e parênquimo-vasculares é importante descrever sua forma, tipo, distribuição e ornamentação, bastando apenas poucas medições para dar idéia de seu tamanho.

13 A observação das características anatômicas: porosidade em anel semi-circular que ocorre no lenho adulto, redução no comprimento dos elementos de vasos, presença de placas de perfuração simples, horizontais ou quase, de fibras libriiformes,

de raios homogêneos, de parênquima axial paratraqueal aliforme e confluyente, permitem considerar que as madeiras das espécies de *Prosopis* apresentam um alto nível de evolução filogenética.

Recomenda-se portanto:

A existência de uma norma atualizada, que regulamente tanto terminologia como descrição anatômica e histometria, para a padronização dos resultados, facilitando a consulta e comparação de trabalhos envolvidos em anatomia da madeira.

Portanto, em pesquisa de anatomia de madeira, é recomendado sempre que possível, um estudo integrado, procurando correlacionar a estrutura com outras áreas de conhecimento.

SUMMARY

The present work's objective is to contribute to further the knowledge on the wood anatomy and ultrastructure of five species of genus *Prosopis* occurring in the heterogeneous plant formations of "Parque Chaquenho", Argentina. Species studied were: *Prosopis vinalillo* Stuck., *P. kuntzei* Harms, *P. alba* Grisebach, *P. ruscifolia* Grisebach and *P. nigra* (Gris.) Hieron. The species were individually described, including general macro and microscopic structure of the wood. For the first time were they observed through a scanning electron microscope (SEM), for the observation of vestured pits and striations in vessel walls. These vestured striations are characteristics for all species of genus *Prosopis* examined. An identification key based on xylem anatomical characters was made. The wood structure of the five species was analyzed in correlation with taxonomy, phylogeny and ecology. As part of this study, an analysis of anatomical description methodology was made. For this, quantitative data relative to 24 anatomical characters annotated for 65 different species, the five *Prosopis* included, was verified in order to determine the number of measurements necessary for a precise evaluation of each character. To evaluate and compare anatomical characters within a species or between species, these latter were united into three distinct groups: Genus *Prosopis*, Family *Leguminosae* and total number of species analyzed. For all species, individually or grouped, average and variance of characters were calculated.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

MATERIAL ESTUDADO

APÊNDICE 1

MATERIAL ESTUDADO

1.1 *Prosopis vinalillo* Stuck

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E. (Universidad de Santiago del Estero)

Procedência: Santiago del Estero - Jardim Botânico - U.N.S.E.

Habitat: campo de várzea

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente de 3 m de altura e 15 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Ftal. Lucas D. Roic

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: La Banda

Habitat: capoeira

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 3 m de altura 12 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Norma Juarez

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Tala Pozo (Santiago del Estero)

Habita : capoeira

Hábito: arvoreta ramificada

Obs.: aproximadamente de 2,5 m de altura e 8 cm de diâmetro

Coletor: José Castillo

Determinação: Prof. José Castillo

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Rio Dulce (cidade Santiago del Estero)

Habitat: campo de várzea

Hábito: arvoreta muito ramificada

Obs.: aproximadamente 2,5 m de altura e 7 cm de diâmetro

Coletor: José Castillo

Determinação: Eng. Alberto Villaverde

1.2 *Prosopis kuntzei*

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: El Caburé (Depto. Copo - Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 5 m de altura e 30 cm de diâmetro

Coletor: Eng. Luis Coronel

Determinação: Eng. Luis Coronel

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Campo Gallo (Alberdi-Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: arvoreta

Obs.: Aproximadamente 4,5 m de altura e 25 cm de diâmetro

Coletor: Eng. Luis Coronel

Determinação: Luis Coronel

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Departamento Copo (Pcia Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente de 6 m de altura e 30 cm de diâmetro

Coleta: Eng. Ines Heinrich

Determinação: Eng. Lucas Roic

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Pinto (Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente 4 m de altura e 20 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Lucas Roic

1.3 *Prosopis alba* Gris.

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Zanjón (Santiago del Estero)

Habitat: corte de estrada

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente de 7 m de altura e 35 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Alberto Villaverde

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: La Banda

Habitat: mata de várzea do Rio Dulce

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente 8,5 m de altura e 40 cm de diâmetro

Coletor: José Castillo

Determinação: José Castillo

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Tintina (Depto. Moreno - Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente 5 m de altura e 25 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Norma Juarez

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Loreto (Santiago del Estero)

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Observações: aproximadamente 6 m de altura e 25 cm de diâ-
metro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Lucas D. Roic (Diretor do Jardim Botâ-
nico - U.N.S.E.)

1.4 *Prosopis ruscifolia* Gris.

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Vinalar

Habitat: capoeira

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 4 m de altura e 10 cm de diâmetro

Determinação: Eng. Norma Juarez

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Tala pozo

Habitat: capoeira

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 6 m de altura e 12 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Alberto Villaverde

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Loreto

Habitat: capoeira

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 5 m de altura e 8 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Lucas Domingo Roic

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: "Acruze" - Santiago del Estero

Habitat: mata de várzea

Hábito: arvoreta

Obs.: aproximadamente 6 m de altura e 15 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: José Castillo

1.5 *Prosopis nigra* (Gris.) Hieron

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Zanjón

Habitat: corte de estrada

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente 5 m de altura e 25 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Lucas Roic

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Los Romanos (Santiago del Estero)

Habitat: mata de várzea

Hábito: árvore

Observações: aproximadamente 6 m de altura e 35 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Lucas D. Roic

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Tintina

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Obs.: aproximadaemnte 6 m de altura e 30 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Alberto Villaverde

Faculdade de Ciências Florestais - U.N.S.E.

Procedência: Campo Gallo

Habitat: mata secundária

Hábito: árvore

Obs.: aproximadamente 5,5 m de altura e 25 cm de diâmetro

Coletor: Graciela Inés Bolzon

Determinação: Eng. Norma Juarez.

APÊNDICE 2

DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA

TABELA A1. DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE *Prosopis vinalillo* Stuck

Características	Número Medições	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente variação	Mediana	Modo
1. Poros/mm ²	400	1,00	21,00	8,20	0,14	2,80	7,84	34,14	8,15	8,24
2. Ø Tangencial de poros (µm)	400	21,25	211,13	98,08	1,50	29,97	507,47	30,56	97,74	106,29
3. Espessura parede de vaso (µm)	200	1,50	8,00	5,06	0,06	0,90	0,81	17,79	5,05	4,90
4. Ø Pontuações intervasculares (µm)	100	3,34	8,53	5,92	0,09	0,87	0,75	14,70	5,94	5,92
5. Ø Pontuações rádio-vasculares (µm)	100	3,59	6,88	5,21	0,08	0,79	0,39	15,16	5,25	5,35
6. Ø Pontuações parênquima-vasculares (µm)	100	3,22	7,09	5,21	0,06	0,63	0,62	12,09	5,01	5,20
7. Altura células parênquima axial (µm)	200	135,20	258,82	206,38	1,48	20,99	440,58	10,17	206,79	202,82
8. Células parênquima axial (µm)	200	12,99	30,42	22,03	0,24	3,41	11,67	15,47	21,55	20,99
9. Altura séries parênquima axial (µm)	200	152,85	277,28	206,17	1,56	22,00	484,00	10,77	205,71	218,98
10. Altura séries parênquima axial (células)	200	2,00	4,00	2,35	0,02	0,32	0,09	13,61	2,70	2,00
11. Largura raios unisseriados (µm)	200	5,59	20,05	12,03	0,16	2,29	5,19	19,04	12,10	11,25
12. Altura raios unisseriados (µm)	200	9,23	94,06	45,45	1,04	14,75	217,56	32,45	44,33	40,35
13. Altura raios unisseriados (células)	200	1,00	15,00	5,80	0,10	1,41	2,01	24,31	5,15	4,37
14. Raios/mm	200	2,00	6,00	3,55	0,04	0,63	0,39	18,26	3,18	3,95
15. Largura raios multisseriados (µm)	200	20,01	70,31	45,10	0,66	9,30	86,51	20,62	44,52	45,00
16. Largura raios multisseriados (células)	200	2,00	6,00	4,03	0,06	0,82	0,67	20,35	4,22	4,20
17. Altura raios multisseriados (µm)	200	23,53	603,72	239,23	6,04	95,46	7303,41	35,72	223,25	182,84
18. Altura raios multisseriados (células)	200	7,00	66,00	30,31	0,76	10,68	114,06	35,23	27,50	28,03
19. Comprimento elementos vasculares (µm)	200	40,80	278,40	156,74	2,58	36,49	1331,52	23,28	162,48	174,16
20. Comprimento apêndices vasculares (µm)	200	3,55	62,83	21,03	0,64	9,05	81,90	43,03	18,87	21,00
21. Comprimento das fibras (µm)	400	630,43	1512,59	1035,89	6,08	121,76	14827,68	11,75	1034,59	1029,65
22. Ø Total das fibras (µm)	400	9,96	22,74	14,08	0,12	2,35	2,02	16,69	13,87	13,26
23. Ø Lúmen das fibras (µm)	400	5,00	16,24	8,91	0,07	1,42	2,02	15,94	8,77	8,20
24. Espessura parede fibras (µm)	400	1,02	4,21	2,25	0,03	0,50	0,25	22,22	2,24	2,24

TABELA A2. DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE *Prosopis kuntzei* Harms

Características	Número Medições	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente variação	Mediana	Modo
1. Poros/mm ²	400	0	25	12,00	0,14	2,82	7,95	23,50	11,71	10,11
2. Ø Tangencial de poros (µm)	400	17,91	211,91	93,25	1,04	20,78	432,13	22,28	96,94	106,95
3. Espessura parede de vaso (µm)	200	1,50	8,7	5,10	0,06	0,91	0,83	17,84	5,02	4,99
4. Ø Pontuações intervasculares (µm)	100	2,92	6,50	4,51	0,05	0,53	0,28	11,75	4,54	4,56
5. Ø Pontuações rádio-vasculares (µm)	100	2,70	2,02	4,50	0,06	0,58	0,47	12,89	4,53	4,55
6. Ø Pontuações parênquima-vasculares (µm)	100	2,60	6,18	4,39	0,06	0,59	0,47	13,44	4,38	4,25
7. Altura células parênquima axial (µm)	200	125,91	297,22	210,05	1,77	24,97	623,76	11,89	215,37	221,76
8. Células parênquima axial (µm)	200	11,32	35,38	21,29	0,27	3,88	15,06	18,22	20,71	20,32
9. Altura séries parênquima axial (µm)	200	145,78	298,26	236,14	1,80	25,52	651,45	10,81	236,76	238,66
10. Altura séries parênquima axial (células)	200	2	4	2,1	0,03	0,41	0,08	19,52	2,00	2,01
11. Largura raios unisseriados (µm)	200	5,71	12,46	9,18	0,13	1,78	3,16	19,39	8,77	9,08
12. Altura raios unisseriados (µm)	200	12,86	70,00	51,69	1,16	16,34	266,69	31,45	51,70	52,08
13. Altura raios unisseriados (células)	200	1	8	5,58	0,07	1,03	1,50	18,46	6,00	7,75
14. Raios/mm	200	2	6	3,95	0,05	0,65	0,43	16,46	3,87	3,65
15. Largura raios multisseriados (µm)	200	31,77	80,74	54,83	0,67	9,49	105,01	17,31	54,48	53,69
16. Largura raios multisseriados (células)	200	2	7	4,40	0,07	0,97	0,94	22,05	5,07	5,25
17. Altura raios multisseriados (µm)	200	76,36	599,90	298,26	7,10	100,40	9080,16	33,66	301,62	314,18
18. Altura raios multisseriados (células)	200	8,00	59,00	29,21	0,64	9,12	83,04	31,22	29,48	30,78
19. Comprimento elementos vasculares (µm)	200	38,78	342,44	159,99	2,46	34,74	1207,12	21,71	170,41	169,87
20. Comprimento apêndices vasculares (µm)	400	2,87	90,17	30,45	0,52	10,31	144,28	33,85	26,25	24,46
21. Comprimento das fibras (µm)	400	602,86	1553	1114,41	6,94	138,86	18343,99	12,46	1125,65	1138,26
22. Ø Total das fibras (µm)	400	8,01	9,88	13,74	0,10	2,16	4,67	15,72	13,68	13,66
23. Ø Lúmen das fibras (µm)	400	3,86	9,86	6,86	0,05	1,07	1,14	15,60	6,96	6,98
24. Espessura parede fibras (µm)	400	1,25	5,18	2,86	0,03	0,61	0,38	21,33	2,76	2,61

TABELA A3. DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE *Prosopis alba* Gris.

Características	Número Medições	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente variação	Mediana	Modo
1. Poros/mm ²	400	1,00	20,00	6,00	0,14	2,75	7,56	45,83	5,65	4,79
2. Ø Tangencial de poros (µm)	400	10,87	286,34	120,50	1,46	29,10	846,90	24,14	124,99	52,19
3. Espessura parede de vaso (µm)	200	2,20	11,22	5,41	0,10	1,48	1,08	27,36	5,83	6,02
4. Ø Pontuações intervasculares (µm)	100	3,35	9,49	6,71	0,09	0,99	0,98	14,75	6,75	7,20
5. Ø Pontuações rádio-vasculares (µm)	100	3,12	7,64	4,90	0,06	0,68	0,47	13,88	4,92	4,75
6. Ø Pontuações parênquima-vasculares (µm)	100	3,06	7,81	5,46	0,09	0,89	0,80	16,30	5,43	5,93
7. Altura células parênquima axial (µm)	200	130,91	274,74	205,53	1,88	26,58	706,50	12,93	205,47	204,47
8. Células parênquima axial (µm)	200	10,94	28,08	26,95	0,33	4,65	21,68	17,25	26,72	25,69
9. Altura séries parênquima axial (µm)	200	170,22	295,27	243,45	1,52	21,48	461,52	8,82	245,75	250,07
10. Altura séries parênquima axial (células)	200	2,00	4,00	2,04	0,01	0,23	0,05	11,27	2,08	2,00
11. Largura raios unisseriados (µm)	200	9,31	20,82	14,38	0,19	2,62	6,86	18,21	14,03	14,21
12. Altura raios unisseriados (µm)	200	14,09	154,72	64,53	1,48	20,99	573,57	32,57	63,64	63,70
13. Altura raios unisseriados (células)	200	1,00	13,00	5,03	0,09	1,33	1,77	26,44	4,74	4,83
14. Raios/mm	200	2,00	8,00	4,88	0,06	0,82	0,68	16,80	5,15	5,20
15. Largura raios multisseriados (µm)	200	21,73	73,07	47,10	0,67	9,50	91,09	20,17	46,52	45,20
16. Largura raios multisseriados (células)	200	2,00	6,00	4,00	0,05	0,75	0,56	18,75	3,96	3,95
17. Altura raios multisseriados (µm)	200	34,06	632,46	346,33	7,08	100,10	15656,26	28,90	341,03	383,24
18. Altura raios multisseriados (células)	200	7,00	72,00	33,63	0,87	12,26	143,28	36,46	31,61	29,14
19. Comprimento elementos vasculares (µm)	200	78,79	260,75	160,75	2,44	34,53	1192,59	21,48	178,39	180,44
20. Comprimento apêndices vasculares (µm)	400	11,89	68,69	30,37	0,60	13,99	195,83	46,07	26,09	21,39
21. Comprimento das fibras (µm)	400	535,06	1550,94	1073,73	8,47	169,49	27605,82	15,79	1078,71	1089,59
22. Ø Total das fibras (µm)	400	9,64	18,21	12,60	0,11	2,21	4,88	17,53	12,78	12,75
23. Ø Lúmen das fibras (µm)	400	5,24	12,81	7,74	0,07	1,42	2,01	18,35	7,75	7,69
24. Espessura parede fibras (µm)	400	1,41	4,35	2,57	0,03	0,58	0,33	22,57	2,43	2,46

TABELA A4. DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE *Prosopis ruscifolia* Gris.

Características	Número Medições	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente variação	Mediana	Modo
1. Poros/mm ²	400	1,00	19,00	5,07	0,10	2,09	4,40	41,22	4,72	3,20
2. Ø Tangencial de poros (µm)	400	23,32	204,25	99,08	1,25	25,05	627,90	25,28	98,73	115,26
3. Espessura parede de vaso (µm)	200	2,09	9,49	5,49	0,08	1,27	1,00	23,13	5,44	5,91
4. Ø Pontuações intervasculares (µm)	100	3,94	7,20	5,51	0,07	0,73	0,57	13,25	5,47	5,43
5. Ø Pontuações rádio-vasculares (µm)	100	3,53	6,60	5,29	0,08	0,76	0,58	14,36	5,28	5,23
6. Ø Pontuações parênquima-vasculares (µm)	100	3,72	6,50	5,27	0,08	0,76	0,59	14,42	5,28	5,25
7. Altura células parênquima axial (µm)	200	138,66	294,94	169,76	1,45	20,50	420,50	12,08	169,01	167,25
8. Células parênquima axial (µm)	200	13,98	31,43	23,00	0,27	3,77	14,26	16,33	22,8	21,82
9. Altura séries parênquima axial (µm)	200	146,68	235,58	186,80	1,31	18,58	347,27	9,95	186,00	183,66
10. Altura séries parênquima axial (células)	200	2,00	40,6	2,05	0,01	0,25	0,06	12,19	2,37	2,07
11. Largura raios unisseriados (µm)	200	5,83	20,25	12,32	0,18	2,48	6,15	20,13	12,23	11,13
12. Altura raios unisseriados (µm)	200	17,14	130,21	50,03	1,20	16,92	286,28	33,82	48,38	45,33
13. Altura raios unisseriados (células)	200	1,00	7,00	4,50	0,07	1,06	1,12	23,56	4,07	4,52
14. Raios/mm	200	2	8	5,05	0,06	0,84	0,72	16,64	5,20	5,15
15. Largura raios multisseriados (µm)	200	17,00	67,43	43,93	0,63	8,91	6,13	20,28	43,74	45,06
16. Largura raios multisseriados (células)	200	2,00	6,00	4,11	0,07	0,95	0,92	23,11	4,15	4,35
17. Altura raios multisseriados (µm)	200	35,82	568,36	249,33	8,36	118,26	8148,49	47,43	234,55	171,92
18. Altura raios multisseriados (células)	200	7,00	54,00	29,94	0,72	10,16	103,22	33,93	-	-
19. Comprimento elementos vasculares (µm)	200	26,41	296,34	147,08	2,44	34,47	1054,54	23,44	147,88	169,53
20. Comprimento apêndices vasculares (µm)	400	3,21	64,46	25,45	1,81	11,07	120,07	43,50	24,08	24,12
21. Comprimento das fibras (µm)	400	594,15	1584,82	1102,21	7,47	149,38	22316,47	13,55	1108,31	1120,37
22. Ø Total das fibras (µm)	400	7,86	18,91	13,33	0,09	1,84	3,39	13,80	13,53	13,89
23. Ø Lúmen das fibras (µm)	400	4,58	14,22	8,50	0,07	1,38	1,92	16,24	8,43	8,66
24. Espessura parede fibras (µm)	400	1,28	4,69	2,58	0,03	0,53	0,28	20,54	2,42	2,40

TABELA A5. DADOS QUANTITATIVOS DO XILEMA DE *Prosopis nigra* (Gris.) Hieron.

Características	Número Medições	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente variação	Mediana	Modo
1. Poros/mm ²	400	1	14	4,43	0,10	2,02	4,08	45,59	4,27	4,22
2. Ø Tangencial de poros (µm)	400	16,56	334,99	149,70	2,44	48,87	1454,94	32,65	154,11	160,61
3. Espessura parede de vaso (µm)	200	2,54	10,07	6,03	0,10	1,43	1,07	23,71	5,98	6,03
4. Ø Pontuações intervasculares (µm)	100	3,49	6,80	5,47	0,07	0,68	0,47	12,43	5,51	5,94
5. Ø Pontuações rádio-vasculares (µm)	100	3,00	5,57	4,18	0,08	0,75	0,39	17,94	4,18	4,08
6. Ø Pontuações parênquima-vasculares (µm)	100	3,34	6,75	5,00	0,09	0,92	0,86	18,40	4,85	4,66
7. Altura células parênquima axial (µm)	200	120,68	267,45	194,95	1,80	25,46	648,26	13,06	196,52	200,15
8. Células parênquima axial (µm)	200	12,04	30,67	21,96	0,27	3,81	14,57	17,35	21,85	20,66
9. Altura séries parênquima axial (µm)	200	147,30	286,69	210,46	1,62	22,89	524,31	10,88	208,92	208,75
10. Altura séries parênquima axial (células)	200	2,00	4,00	2,05	0,01	0,24	0,06	0,17	2,5	2,3
11. Largura raios unisseriados (µm)	200	7,59	20,78	13,31	0,16	2,25	5,10	16,90	13,11	13,55
12. Altura raios unisseriados (µm)	200	6,20	138,65	64,30	1,59	22,48	505,43	34,96	61,35	62,77
13. Altura raios unisseriados (células)	200	1,00	12,00	5,63	0,16	2,26	1,85	40,14	5,24	4,92
14. Raios/mm	200	2,00	6,00	3,08	0,04	0,58	0,33	18,83	3,28	3,25
15. Largura raios multisseriados (µm)	200	22,55	97,85	63,17	1,05	14,84	117,52	23,49	65,28	65,33
16. Largura raios multisseriados (células)	200	2,00	6,00	4,71	0,07	0,99	0,98	21,02	4,93	5,00
17. Altura raios multisseriados (µm)	200	102,01	849,09	389,34	10,50	148,52	389,34	38,15	383,94	423,92
18. Altura raios multisseriados (células)	200	10,00	62,00	32,23	0,81	11,42	130,47	35,43	30,57	28,05
19. Comprimento elementos vasculares (µm)	200	37,04	233,39	145,00	2,58	36,51	1333,38	25,18	136,68	145,45
20. Comprimento apêndices vasculares (µm)	400	4,19	65,42	30,49	0,60	12,01	144,28	39,39	28,71	21,38
21. Comprimento das fibras (µm)	400	629,21	1535,41	1093,18	6,76	135,26	18368,38	7,10	1100,01	1115,62
22. Ø Total das fibras (µm)	400	9,74	18,52	12,79	0,11	2,14	4,55	16,73	12,80	12,77
23. Ø Lúmen das fibras (µm)	400	5,35	12,91	7,63	0,07	1,40	1,96	18,35	7,76	7,65
24. Espessura parede fibras (µm)	400	1,35	4,61	2,74	0,03	0,61	0,37	22,26	2,73	2,64

APÊNDICE 3

PROGRAMAS PARA COMPUTAÇÃO DE DADOS

3.1 CÁLCULO DE MEDIÇÕES NECESSÁRIAS

```

1  N=0
2  S2=0
3  DIM T(3)
4  DIM N(15)
10 REM TAMANHO DE AMOSTRAS
20 T(1)=1.645
25 A(1)=90
30 A(1)=90
40 T(2)=1.96
50 A(2)=95
60 T(3)=2.576
70 A(3)=99
80 REM ENTRADA DE DADOS
90 DISP "ESPECIE: ",
100 INPUT E$
110 DISP "VARIÁVEL: ";
120 INPUT V$
130 DISP "MÉDIA: ";
140 INPUT M
150 DISP "VARIÂNCIA: ";
160 INPUT S2
170 DISP "DESEJA COMENZAR DE NOV
    OENTRE S"
180 INPUT K$
190 IF K$="S" THEN 90
200 REM "IMPRESSÃO DE CABECALHOS"
210 PRINT "ESPECIE ";E$
220 PRINT "VARIÁVEL ";V$
230 PRINT
240 PRINT "MÉDIA: ";M
241 PRINT "VARIÂNCIA: ";S2
250 FOR I=1 TO 3
260 PRINT "T= ",T(I); " N CONF. "
    ;A(I)
270 PRINT "LE      N"
280 PRINT
290 FOR J=1 TO 15 STEP 1
300 N(J)=T(I)^2*S2/(J/100*M)^2
310 PRINT J/100; " ";N(J)
320 NEXT J
330 PRINT
340 NEXT I
350 PRINT "-----"
    "-----"
360 DISP "MAIS ESPECIE S?"
370 INPUT C$
380 IF C$="S" THEN 90
390 END

```

3.2 CÁLCULO DA MÉDIA E VARIÂNCIA PONDERADA DO GRUPO

```

10 REM PROGRAMA PARA CALCULO DE
   MEDIAS E VARIANCIA POR GRU
   POS DE ESPECIES
20 N,P,Q=0
30 DISP "NUMERO DE ESPECIES DO
   GRUPO"
40 INPUT E
50 DISP "NOME DA VARIÁVEL"
60 INPUT V$
70 FOR I=1 TO E
80 DISP "NUMERO DE MEDICOES FEI
   TAS",I
90 INPUT M
100 DISP "MEDIA ARITMETICA",I
110 INPUT X
120 DISP "VARIANCIA",I
130 INPUT S
140 DISP M;"X";S
150 DISP "ESTAO CERTAS N/S"
160 INPUT K$
170 IF K$="N" THEN 80
180 N=N+M
190 P=P+M*X
200 Q=Q+(M-1)*S+M*X^2
210 NEXT I
220 A=P/N
230 V=(Q-N*A^2)/(N-1)
240 PRINT "NOME DA VARIÁVEL ";V$
250 PRINT "NUMERO TOTAL DE MEDIC
   OES ";N
260 PRINT "MEDIA GERAL ";A
270 PRINT "VARIANCIA GERAL ";V
280 DISP "MAIS OUTRO GRUPO ?S/N"
290 INPUT R$
300 IF R$="N" THEN 320
310 GOTO 20
320 END

```


REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AHRENS, K. Histometria quantitativa de madeira. Rio de Janeiro, INPA, 1957. 12 p.
- 2 _____. & LECHTHALER, R. Estudo anátomo-histológico de madeira de açacu. Rio de Janeiro, INPA, 1958. 27 p.
- 3 ANDERSON, T.W. Introduction to multivariate statistical analysis. New York, John Wiley, 1958.
- 4 ANDREW, I.A. & BURLEY, J. Variation of wood quality of *Pinus merkusii* Jungh. and de Crieze; five trees of Bruma provence grown in Zambia. Rhod. J.Agric. Res., 10: 183-203, 1972.
- 5 BAAS, P. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. In: Wood structure in biological and technology research. Leiden Bot. Ser., 3: 157-81, 1976.
- 6 _____. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea, 21: 193-258, 1973.
- 7 _____. & CARLQUIST, S. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA Bulletin, 6(4): 349-54, 1985.
- 8 _____. & WERKER, E. A new record of vestured pits in *Cistaceae*. IAWA Bulletin, 2 : 4142, 1981.
- 9 _____.; _____. & FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin, 4: 141-159, 1983.
- 10 BAILEY, I.W. & TUPPER, W.W. Size variation in tracheary cells. I. A comparison between the secondary xylems of vascular Cryptogams, Gymnosperms and Angiosperms. Amer. Acad. Arts and Sci. Proc., 54: 149-204, 1918.

- 11 BAILEY, I.W. The cambium and its derivative tissues. II. Size variations of cambial initials in Gymnosperms and Angiosperms. Amer. J. Bot., 7: 355-67, 1920.
- 12 _____. The cambium and its derivate tissues. IV. The increase in girth of the cambium. Amer. J. Bot., 10: 499-509, 1923.
- 13 _____. The development of vessels in Angiosperm and its significance in morphological research. Amer. J. Bot., 31: 421-28, 1944.
- 14 _____. Evolution of the tracheary tissue of land plants. Amer. J. Bot., 40: 4-8, 1953.
- 15 _____. The potentialities and limitations of wood anatomy in the study of the phylogeny and classification of Angiosperms. J. Arnold Arboretum, 38: 243-54, 1957.
- 16 BAKER, R.T. & SMITH, H.G. Wood fibres of some Australian timbers. J. Counc. Sci. Ind. Res., 14(4): 266-80, 1924.
- 17 BAMBER, R.K. In progress and problems of genetic improvement of tropical forests trees. Nature, 191: 409-10,
- 18 BENTHAM, G. Leguminosae III. Mimoseae. In: MARTIUS, C. F.P. de. Flora brasiliensis, 15(2): 259, 527, 1976.
- 19 BARRETA-KUIPERS, T. Some aspects of wood anatomical research in the genus *Inga* (Mimosaceae). Acta Bot. Neerl., 22(3): 193-205, 1973.
- 20 _____. Wood anatomy of Leguminosae: its relevance to taxonomy. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H., eds. Advances in legume systematics. 1981. p. 677-715.
- 21 BARGHOORN JR., E.S. The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of Dicotyledons. I. The primitive ray structure. Amer. J. Bot., 27: 918-28, 1940.
- 22 _____. The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of Dicotyledons. II. Modification of the multivariate and uniseriate rays. Amer. J. Bot., 28: 273-82, 1941.

- 23 BISSET, I.J.W. & DADSWELL, H.E. The variation in cell length within one growth ring of certain angiosperms and gymnosperms. Aust. For., 14: 17-29, 1950.
- 24 BLISS, C.I. Statistics in biology. New York, McGraw-Hill, 1967. 520 p.
- 25 BOLZON, G.I. & GOMES, A. Caracteres anatomicos de la madera de *Prosopis ruscifolia* y su evolución. In: CONGRESO FORESTAL ARGENTINO,
- 26 BOTOSSO, P.C. Anatomia e aspectos filogenéticos do xilema secundário de 10 espécies de Annonaceae do Estado de Santa Catarina. Curitiba, 1982. 213 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 27 BRAUN, H.J. Funktionelle Histologie der sekundären Sprossachse. Handbuch der Pflanzenanatomie IX. 1. Borntraeger. Berlin, Springer, 1970. 186 p.
- 28 BRAZIER, J.D. The anatomy of some timbers formerly included in *Piptadenia*. Tropical woods, 108: 46-64, 1958.
- 29 _____. & FRANKLIN, G.L. Identification of hardwoods-a microscope key. For. Prod. Res. B., London, 1961. 91 p.
- 30 BURGER, L.M. Estudo anatômico do xilema secundário de sete espécies do gênero Dalbergia, Leguminosae-Faboideae. Curitiba, 1979. 184 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 31 BURKART, A. Las especies de Mimosa de la Flora Argentina. Darwiniana, 8(1): 9-231, 1948.
- 32 _____. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Buenos Aires, ACNE Agency, 1952. 560 p.
- 33 _____. Leguminosae. In: PARODI, L.R. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Buenos Aires, ACME S.A.C.I., 1959. v. 1, p. 443-512.

- 34 BURKART, A. Leguminosas. In: CABRERA, A.I. Flora de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, INTA, 1967. Parte 3; p. 394-647.
- 35 _____. A monograph of the genus *Prosopis* (Legum. subfam. Mimosoideae). J. Arn. Arbor., 57: 219-249; 450-455, 1976.
- 36 _____. & SIMPSON, B.B. The genus *Prosopis* and annotated key to the species of the world. In: SIMPSON, ed. Mezquite, its biology in two desert shrub ecosystems. 1977. p. 201-216 (U.S./IBP synthesis series 4).
- 37 BURLEY, J. Tracheid length variation in a single tree of *Pinus kesiya* Royle ex Gord. Wood Sci. Technol., 3: 109-116, 1969.
- 38 _____. Variation in wood properties of *Pinus kesiya* Royle ex Gordon (syn. *P. khasiya*; *P. insularis* Endlicher): six trees of Assam provenance grown in Zambia. Wood Sci. Technol., 4: 195-212, 1970.
- 39 _____. & MILLER, R.B. The application of statistics and computing in wood anatomy. In: BAAS, P. New perspectives in wood anatomy.
- 40 _____.; POSNER, T. & WATERS, P. Sampling techniques for measurement of fibre length in *Eucalyptus* species. Wood Sci. Technol., 4: 240-45, 1970.
- 41 BUTTERFIELD, B.G. & MEYLAN, B.A. Scaliform perforation plate development. New Phytol., 81: 139-146, 1978.
- 42 CARLQUIST, S. Wood anatomy of *Asteraceae* (*Compositae*). Tropical woods., 113: 54-84. 1960.
- 43 _____. Wood anatomy of Hawaiian, Macaronesian, and other species of *Euphorbia*. In: ROBSON, N.K.B.; CUTLER, D.F. & GREGORY, M. New research in wood anatomy. London. Academic Press, 1970. p. 181-93.
- 44 _____. Ecological strategies of xylem evolution. Berkeley, University of California Press, 1975. 259 p.

- 45 CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. Amer. J. Bot., 64(7): 887-896, 1977.
- 46 _____. & HOEKMAN, D.A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. IAWA Bull., 6(4): 319-348, 1985.
- 47 CHALK, L. & CHATTAWAY, M.M. Perforated ray cells. Proc. R. Soc. B., 113: 82-92. 1933.
- 48 _____. & _____. Factors affecting dimensional variations of vessel members. Tropical Woods, 41: 17-37, 1935.
- 49 _____. The phylogenetic value of certain anatomical features of Dicotyledonous woods. Annals of Botany, 1(3): 409-28, 1937.
- 50 CHATTAWAY, M.M. Proposed standards for numerical values used in describing wood. Trop. Woods, 29: 20-8, 1934.
- 51 _____. Relation between fibre and cambial initial length in Dicotyledonous woods. Tropical Woods, 46: 16-20, 1936.
- 52 CHEADLE, V.I. The occurrence and types of vessels in the various organs of the plant in the Monocotyledoneae. Amer. J. Bot., 29: 441-50, 1942.
- 53 _____. The origin and certain trends of specialization of the vessel in the Monocotyledoneae. Amer. J. Bot., 30: 11-17, 1943.
- 54 _____. Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae. Amer. J. Bot., 31: 81-92, 1944.
- 55 _____. Research on xylem and phloem progress in fifty years. Amer. J. Bot., 43: 719-31, 1956.
- 56 _____. & TUCKER, V.M. Vessels and phylogeny of Monocotyledoneae. In: INTERNATIONAL BOTANICAL CONGRESS, 9., Montreal, 1959. Recent advances in botany; lectures and symposia. Toronto, University of Toronto Press, 1961. v.1, p. 161-4.

- 57 CHIMELLO, J.P. Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods. Blacksburg, 1980. 78 p. Tese. Doutorado. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- 58 CHOWDHURY, K.A. Limitations of anatomical aid to taxonomy of Angiosperms. In: INTERNATIONAL BOTANICAL CONGRESS, 9., Montreal, 1959. Recent advances in botany; lectures and symposia. Toronto, University of Toronto Press, 1961. v.1, p. 150-5.
- 59 CLARKE, S.H. A multiple-entry perforated-card key with special reference to the identification of hardwoods. New phytol., 38: 369-374, 1938.
- 60 COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. 30: 1-019, novembro, 1973.
- 61 CORE, H.A.; CÔTÉ, W.A. & DAY, A.C. Structure and identification. Syracuse, Syracuse University Press, 1979. 182 p.
- 62 COWN, D.J. Wood density of radiate pine: its variation and manipulation. NZ. J. For., 19: 84-92, 1974.
- 63 COZZO, D. Estructura leñosa estratificada no registrada em generos de leguminosas argentinas. Lilloa, 16: 63-95, 1948.
- 64 _____. Anatomia del leño secundario de las Leguminosas Papilionoideas argentinas. Rev. Inst. Nac. Investig. Ci. Nat. C. Bot., 1(7): 223-361, 1950.
- 65 _____. Anatomia del leño secundario de las leguminosas Mimosoideas y Caesalpinoideas argentinas silvestres y cultivadas. Rev. Inst. Nac. Investig. Ci. Nat. C. Bot., 2(2): 63-290, 1951.
- 66 _____. Filogenia de los tipos de estructura leñosa estratificada. Rev. Argent. Agronomia, 21: 196-214, 1954.
- 67 _____. & CRISTIANI, L.Q. Los generos de fanerogamas argentinas con estructura leñosa estratificada. Rev. Inst. Nac. de Invest. Ci. Nat. C. Bot., 1(8): 363-405, 1951.

- 68 CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. Boston, Houghyon Mifflin, 1968. 396 p.
- 69 DADSWELL, H.E. The role of wood anatomy in forest botany. J. Council Scient. and Idnt. Res., 12(2): 137-43, 1939.
- 70 _____. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. Wood Sci., 1: 11-32, 1958.
- 71 _____. & NICHOLS, J.W.P. Assessment of wood qualities for tree breeding.I. *Pinus elliottii* var. *elliottii* from Queensland. Div. For. Prod. Technol. Pap. For. Prod. Aust., 4, 16 p. Apud. Forestry Abstracts, 21(2): 1960.
- 72 DIMITRI, M.J. Libro del árbol. Buenos Aires, Celulose Argentina, 1973. 3 v.
- 73 DUJARDIN, E.P. Eine neue Holz-Zellulosenfaerbung. Mikrokosmos, 53: 94, 1964.
- 74 EAMES, A.J. Morphology of the Angiosperms. New York, McGraw-Hill, 1961. 518 p.
- 75 _____. & MacDANIELS, L.H. An introduction to plant anatomy. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1978. 427 p.
- 76 ELLIS, T.J.; ROSEN, D. & CAVANAGH, J.B. Automated measurement of peripheral nerve fibres in transverse section. J. Biomed. Engng., 2: 272-280, 1980.
- 77 ENGLER, A. Syllabus der Pflanzenfamilien. Berlin, Gebrueder Borntraeger, 1967. v. 2, 367 p.
- 78 ESAU, K. Plant anatomy. New York, J. Wiley, 1965. 767 p.
- 79 _____. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo, Edgard Blücher, 1974. 293 p.
- 80 FREESE, F. Elementary statistical methods for foresters. Washington, U.S.D.A., 1967. 87.p. (Agriculture handbook, 317).
- 81 FREUND, H. Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Frankfurt, Umschan Verlag, 1970. v.5, pt. 2, 379 p.

- 82 FROST, F.H. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. I. Origin of vessels. Bot. Gaz., 89: 67-94, 1930.
- 82 _____. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. II. Evolution of end wall of vessel segment. Bot. Gaz., 90: 198-212, 1930.
- 83 _____. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. III. Specialization of lateral wall of vessel segment. Bot. Gaz., 91: 88-96, 1931.
- 85 GILBERT, S.G. Evolutionary significance of ring porosity in wood of Angiosperms. Bot. Gaz., 102(1): 105-20, 1940.
- 86 GHOUSE, A.K.M. & IQBAL, M. Variation trends in the cambial structure of *Prosopis spicigera* L., in relation to the girth of the tree axis. Bull. Torrey Bot. Club, 104: 197-201, 1977.
- 87 GOMES, A.; BURGER, M.L. & TEIXEIRA, L.L. Estudo anatômico da madeira de 15 espécies arbóreas do Paraná e Santa Catarina. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Centro de Pesquisas Florestais. Estudo das alternativas técnicas, econômicas e sociais para o setor florestal do Paraná; sub-programa de tecnologia. Curitiba, 1979. 535 f. Convênio 28/76; SUDESUL/IBDF/Governo do Estado do Paraná.
- 88 _____. & MARCHIORI, J.N. Estudo anatômico da madeira e da casca de *Prockia crucis* L. (Flacurtiaceae). Ciência e Natura, (3): 45-58, 1981.
- 89 _____. & TEIXEIRA, L. Anatomia da madeira de 21 espécies arbóreas da Província do Niassa, Moçambique. In: DESENVOLVIMENTO florestal da província do Niassa, República Popular de Moçambique, estudo tecnológico das madeiras. MADEBRAS, FUPEF, MADEMO, 1982.
- 90 _____.; _____. & SCHAITZA, G.E. Types of vessels and vessel elements according to origin and position. In: PAN AMERICAN REGIONAL WOOD ANATOMY CONFERENCE-IAWA, 1985. (não publicado).
- 91 GOMES, J. Estudo anatômico do xilema secundário das espécies de Hevea da amazônia. Curitiba, 1981. 192 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 92 GRAFF, N.A. van der. & BAAS, P. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. Blumea, 22: 101-21, 1974.

- 93 HANS, A.S.; BURLEY, J. & WILLIAMSON, J.G. Wood quality of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, grown in Zambia. Holzforschung, 26: 138-41, 1972.
- 94 HARADA, H. Ultrastructure and organization of gymnosperm cell walls. In: CÔTÉ, ed. Cellular ultrastructure of woody plants. Syracuse, Syracuse University Press, p. 215.
- 95 HARRIS, J.M. Note on wood density of *Pinus radiata* grown under temperate, sub-tropical conditions. IUFRO Workshop, Brisbane, 1977.
- 96 HEIMSCH JR., C. & WETMORE, R.H. The significance of wood anatomy in the taxonomy of the Jugladiaceae. Amer. J. Bot., 26(8): 651-60, 1939.
- 97 HEYWOOD, V.H. Taxonomia vegetal. São Paulo, USP, 1970. 180 p. (Estudos de biologia, 5).
- 98 HOESTER, H.R. & SPRING, C. Zur Bestimmung von Zellartenanteil im Holzgewebe. Zentralblatt fuer Mikrosk. Forschung und Methodik, 27(738): 220-25, 1974.
- 99 HUBER, B. & PRUETZ, C. Ueber den Anteil von Fasern, Gefaessen und Parenchym am Aufbau, verschiedener Hoelzer. Holz als Roh.-u. Werk., 1: 377-381, 1938.
- 100 HUBER, F. An enzymatic method to facilitate quantitative studies of wood with an image analyser. IAWA Bulletin, 1(4): 185-187, 1980.
- 101 HUGHES, J.F. The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. In: BURLEY, J. & NIKKLES, D.G. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. p. 13-22.
- 102 HUTCHINSON, J. The families of flowering plants arranged according to a new system based upon probable phylogeny. I. Dicotyledons. London, The MacMillan, 1926.
- 103 IFJU, G. Quantitative wood anatomy - a stereological approach. Blacksburg, VPI: IPT, 1977. 26 p.
- 104 _____. & CHIMELO, J.P. Can quantitative anatomy be useful for probability-based wood identification? In: PACIFIC REGIONAL WOOD ANATOMY CONFERENCE, Japan, 1984. p. 141-46.

- 105 INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Zurich, 1964. 186 p.
- 106 IAWA Committee. Standard list of characters suitable for computerized hardwood identification. IAWA Bulletin, 2: 99-145, 1981.
- 107 ILIC, J. & HILLIS, W.E. Video image processor for wood anatomical quantification. Holzforschung, 37: 47-50, 1983.
- 108 JANE, F.W. The structure of wood. London, Adam & Charles Black., 1962. 427 p.
- 109 KANDEEL, E.S.A.; BRODAN, O.A. & TEWFIK, S.A. Sampling for fiber length in small tropical hardwood samples. Wood Science, 9(3):140-43, 1977.
- 110 KENDALL, M.G. Multivariate analysis. London, Charles Griffin, 1975. 450 p.
- 111 KOEPPEN, R.C. & ILTIS, H.H. Revision of Martiodendron. Brittonia, 14: 191-209, 1962.
- 112 KOLLMANN, F.F.P. & CÔTÉ JR., W.A. Principles of wood science and technology. Berlin, Springer, 1968. 2 v.
- 113 KOZŁOWSKI, T.T. Growth and development of trees. New York, Academic Press, 1971. v.1, 443 p.
- 114 KRIBS, D.A. Comparative anatomy of the woods of the Meliaceae. Amer. J. Bot., 17: 724-38, 1930.
- 115 _____. Salient lines of structural specialization in the wood rays of Dicotyledons. Bot. Gaz., 96: 547-57, 1935.
- 116 _____. Salient lines of structural specialization in the wood parenchyma of Dicotyledons. Bull. Torrey Bot. Club, 64: 145-63, 1937.
- 117 KUKACHKA, B.F. Identification of coniferous woods. TAPPI, 43: 887-96, 1960.

- 118 LOUREIRO, A.A. & SILVA, M.F. de. Contribuição ao estudo dendrológico de 5 Parkias da Amazônia. Acta Amaz., 2: 71-85, 1972.
- 119 _____. & RODRIGUES, W.A. Estudo da anatomia da madeira do gênero *Swartzia* da Amazonia. Acta Amaz., 5: 79-86,
- 120 MAINIERI, C. Madeiras brasileiras. Anu. bras. econ.flor., 10:339-444, 1958.
- 121 MARCHIORI, J.N.C. Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, nativas no Estado do Rio Grande do Sul. Curitiba, 1980. 186 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 122 _____. & GOMES, A.V. Anatomia da madeira e da casca de *Casearia rupestris* Eichl. (Flacourtiaceae). In: CONGRESSO FLORESTAL CAÚCHO, 4., Nova Prata, 1980. 14 p.
- 123 MARIAUX, A. Mesure quantitative et interpretation des éléments structuraux du plan ligneux, de ses anomalies et de ses anisotropies. Compte-Rendu contrat D.G.R.S.T. "Matériau Bois" décision d'aide. 1977. 76-7-0535.
- 124 McLEAN, R.C. & IVIMEY-COOK, W.R. Textbook of theoretical botany. London, Longman, 1962. v. 1.
- 125 METCALFE, C.R. & CHALK, L. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford, Clarendon Press, 1972. 1500 p.
- 126 MEYLAN, B.A. & BUTTERFIELD, B.G. Occurrence of vestured pits in the vessels and fibers of New Zealand woods. N.Z. J. Bot., 12: 13-18, 1975.
- 127 MILLER, R.B. Vestured pits in Boraginaceae. IAWA Bulletin, 3: 43-48, 1977.
- 128 _____. Wood identification via computer. IAWA Bulletin, 1: 154-60, 1980.
- 129 MORSE, L.E. Computer programas for specimen identification, key construction and description printing using taxonomic data matrices. Publ. Mus. Biol.Ser., Michigan State Univ., 5:1-128, 1974.

- 130 MORSE, L.E.; PETERS, J.A. & HAMEL, P. A general data format for summarising taxonomic information. Bioscience, 21: 174-180, 1971.
- 131 NORMAND, D. & PAQUIS, J. Manual d'identification des bois commerciaux. 2. Afrique guineo-congolaise. Nogent sur Marne, 1976.
- 132 OEVER, L. van den.; BAAS, P. & ZANDEE, M. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. IAWA Bull., 2: 3-24, 1981.
- 133 OHTANI, J. & ISHIDA, S. Study on the pit of wood cells using scanning electron microscopy. J.Jap. Wood. Res. Soc., 24: 65-98, 1976.
- 134 _____. & _____. In observation on the perforation plates in japanese dicotyledonous woods using scanning electron microscopy. J. Jap. Wood. Res. Soc., 1: 65-98, 1978.
- 135 _____. Study of warty layer by the scanning electron microscopy II. Wood Res. Soc., 2: 72-75, 1979
- 136 _____. SEM investigation on the micromorphology of vesse wall sculptures. J. Jap. Wood. Res. Soc., 2: 323-386, 1983.
- 137 PANSWIN, A.J. & DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. New York, McGraw-Hill, 1970. 705 p.
- 138 PARAMESWARAN, N. & GOMES, A. Fine structural aspects of helical thickenings and pits in vessels of *Ligustrum lucidum* Ait. (OLEACEAE). IAWA Bull., 2: 179-185, 1981.
- 139 _____. & LIESE, W. Torus-like structures in interfibre pits of *Prunus* and *Pyrus*. IAWA Bull., 2: 89-93, 1981.
- 140 PEARSON, R.G. & WHEELER, E.A. Computer identification of hardwood species. IAWA Bull., 2: 37-40, 1981.
- 141 PFEIFFER, J.P. & VAROSSIEAU, W.W. Classification of the structural elements of the secondary wood of dicotyledons using decimal indices for classification and identification of wood species. Blumea, 5: 437-89, 1945.

- 142 POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. Advances in Legume systematics. I e II. England, Royal Botanic Gardens. p. 1-425; 427-1049, 1981.
- 143 QUIRK, J.T. Dot-grid intergrating eyepiece: two sampling techniques for estimating cell wall areas. Wood Sci., 8(2): 88-91, 1975.
- 144 _____. Data for a computer-assisted wood identification system. I. Commercial legumes of tropical Asia and Australia. n.s., 4(2/3): 118-40, 1983.
- 145 RECORD, S.J. Role of wood anatomy in taxonomy. Tropical Woods, 37: 1-9, 1934.
- 146 _____. & HESS, R.W. Timbers of the new world. New Haven, Yale University Press, 1943. 640 p.
- 147 REINDERS-GOUWENTAK, C.A. The storied-structure features and the taxonomic rank of the leguminous taxa. Acta Bot. Neerl., 4: 460-470, 1955.
- 148 RENDLE, B.J. On the taxonomic value of the anatomical structure of the vegetative organs of Dicotyledons. 3. The role of anatomy in the practical identification of commercial timbers. Proc. Linn. Soc. Lond., 155(3): 218-21, 1944. Resumo.
- 149 SANIO, K. Über die Grösse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*). Jahrb. Wiss. Bot., 8: 401-20, 1872.
- 150 SASTRAPRADJA, D.S. & LAMOUREUX, C. Variations in wood anatomy of Hawaiian *Metrosideros* (*Myrtaceae*). Annales Bogoriensis, 5: 1-82, 1969.
- 151 SCHEFFÉ, H. The analysis of variance. New York, John Wiley, 1959. 661 p.
- 152 SEAL, H.L. Multivariate statistical analysis for biologists. London, Methen, 1964.
- 153 SENN, H.A. The relation of anatomy and cytology to the classification of the Leguminosae. Chron. Bot., 7: 306-8, 1943. (Resumo).

- 154 SILVA, M.F. de. Revisão taxonômica do gênero *Peltogyne*. Acta Amaz., 6(1): suplemento.
- 155 SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical methods. 6.ed. Iowa, Iowa State University Press, 1967. 571 p.
- 156 STEEL, J.H.; IFJU, G. & JOHNSON, J.A. Quantitative characterization of wood microstructure. Microscopy, 107: 297-311, 1976.
- 157 STERN, W.L. A retrospective view of comparative anatomy, phylogeny, and plant taxonomy. IAWA Bull., 2(3): 33-29, 1978.
- 158 STRASBURGER, E. Tratado de botânica. Buenos Aires, Manuel Marín, 1949. 741 p.
- 159 SUDO, S. Identification of japanese hardwoods. Bull. Gov. Exp. Sta., (118): 1-138, 1959.
- 160 _____. Wood quality research in Japan. In: IUFRO WORLD CONGRESS, Kyoto, Japan. Proceedings. Kyoto, 1981. p. 89-101.
- 161 TEIXEIRA, L.L. Identificação botânico dendrológica e anatômica da madeira de seis espécies euxilóforas de do sudoeste paranaense. Curitiba, 1978. 110 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 162 TIPPO, O. The comparative anatomy of secondary xylem and the phylogeny of the *Eucommiaceae*. Amer.J. Bot., 27: 832-38, 1940.
- 163 _____. The role of wood anatomy in phylogeny. Amer.Midl. Nat., 36: 367-72, 1946.
- 164 TITMUSS, F.H.A. Concise encyclopédia of world timbers. London, Mechanical Press, 1948. 156 p.
- 165 TORTORELLI, L.A. Maderas y bosques argentinos. Buenos Aires, ACME, 1956. 910 p.

- 166 TRENARD, Y. & GUENEAU, P. Relation entre contrainte de croissance longitudinale et bois de tension. Holz-forschung, 29: 217-233, 1975.
- 167 TSOUKIS, F. Wood as raw material. Oxford, Pergamon press, 1968. 276 p.
- 168 VALENTE, H.M. Espécies subtropicales latifoliadas. B. Asociación fabricantes de papel, Buenos Aires, 2(22): 1-5, 1955.
- 169 VAROSSIAEU, W.W. The identification of wood species with the aid of the Hollerith systems. Blumea, 6: 229-42, 1948.
- 170 VESQUE, J. D l'emploi des caractères anatomique dans la classification des végétaux. Bull. Sco. Bot. France., 36: 41-87, 1889.
- 171 VESTAL, P.A. Wood anatomy as an aid to classification and phylogeny. Chron. Bot., 6(3): 53-4, 1940.
- 172 VETTER, R. & BOTOSSO, P.C. Análise de imagem empregada em pesquisas de produtos florestais.I. Determinação das dimensões dos poros da madeira. Manaus, INPA, 1985. 10 p.
- 173 VILLALBA, R. Xylem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* D.C. IAWA Bull., 6(2): 119-130, 1985.
- 174 VLIET, G.J.C.M. van. Wood anatomy of the Rhizophoraceae. In: BAAS, P.; BOLTON, A.J. & CATLING, D.M. Wood structure in biological and technological research: 20-75. Leiden Bot. Series nº 3. Leiden Univ. Press, The Hague, 1976.
- 175 WAGENFÜHR, R. Anatomie des Holzes. Leipzig. Veb., 1966. 383 p.
- 176 WARDROP, A.B. The structure and formation of the cell wall in relation to its mechanical failure. Proc. Tewkesbury Symp. p. 169.
- 177 WELLE, B.J.H. ter. Sílica grains in woody plants of the neotropics, especially Surinam. Leiden Botanical Series, (3): 107-42, 1976.